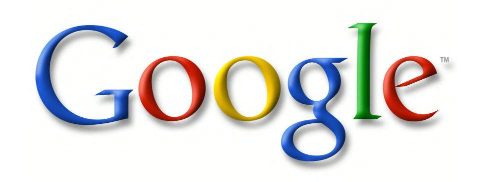
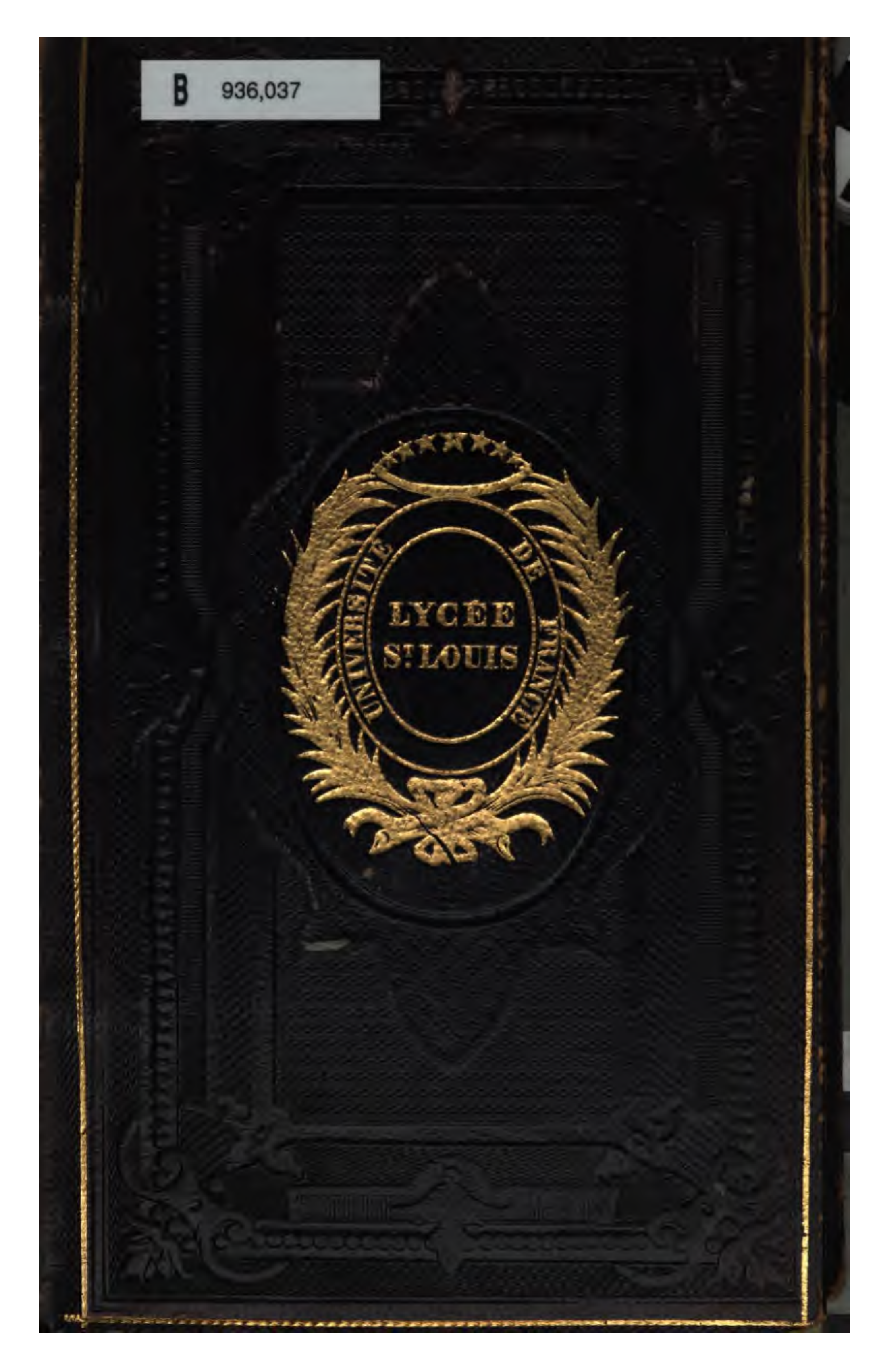
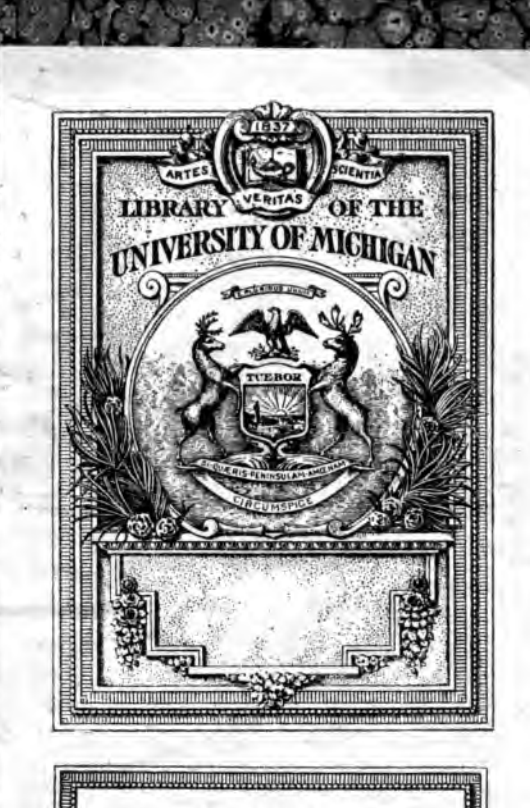
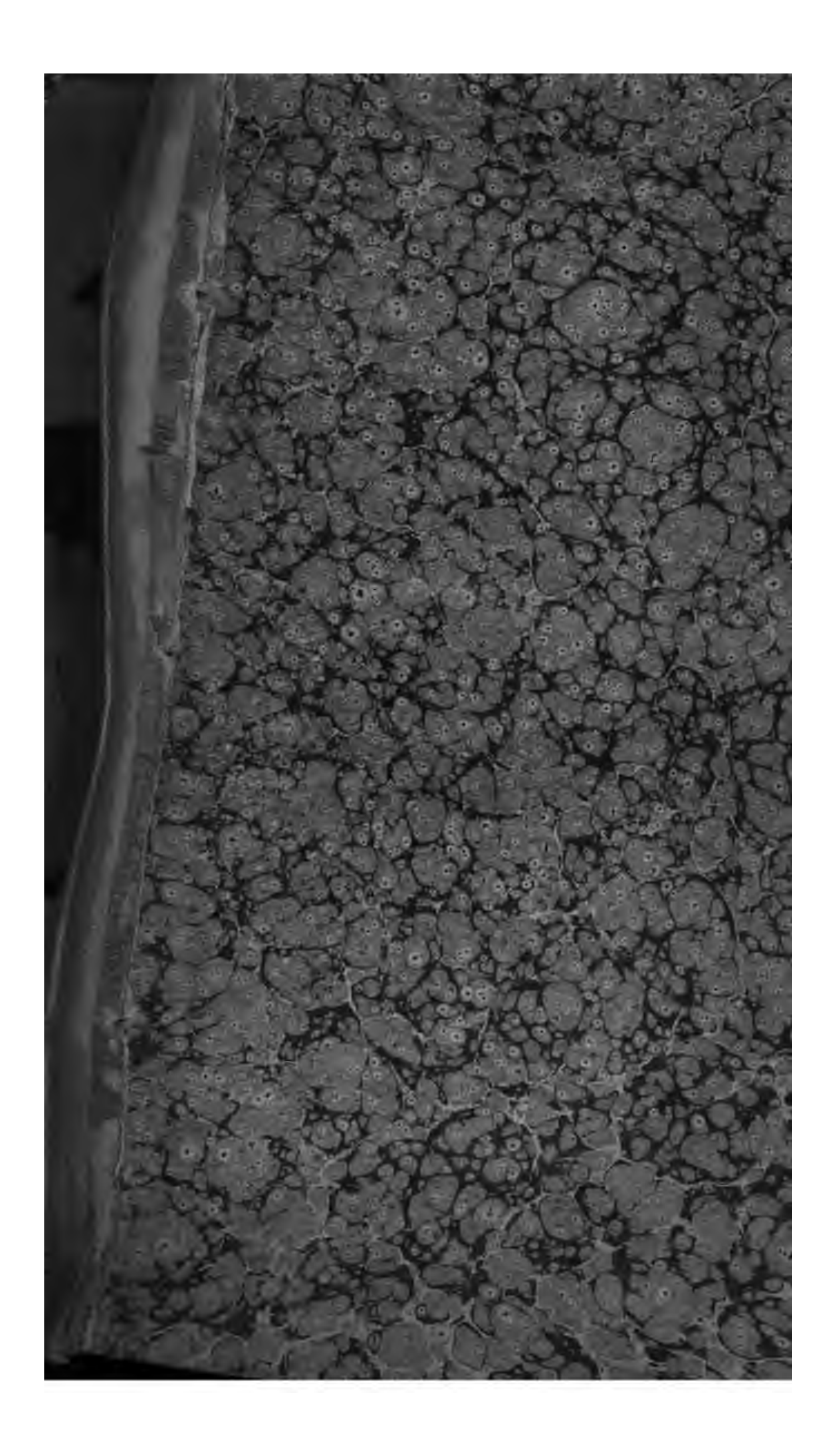



UNIVERSITÉ DE FRANCE
LYCÉE
St LOUIS


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



LETTRES

DE L. EULER

A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE

TOME I

Paris. — Typographie de FIRMIN DIDOT frères, rue Jacob, 56.

LETTRES
DE L. EULER

A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE

SUR DIVERS SUJETS

DE PHYSIQUE ET DE PHILOSOPHIE

PRÉCÉDÉES

DE L'ÉLOGE D'EULER PAR CONDORCET

ET ANNOTÉES

PAR M. A. A. COURNOT

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES ÉTUDES

TOME PREMIER

PARIS

CHEZ L. HACHETTE

LIBRAIRE DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE

RUE PIERRE-SARRAZIN, N° 12

1842

PRÉFACE

DE L'ÉDITEUR.

Dans les quatre-vingts ans qui se sont écoulés depuis l'apparition des *Lettres à une princesse d'Allemagne*, la physique a changé de face, et ce livre, malgré les imperfections du style, est resté en quelque sorte classique. Il a survécu à une foule d'ouvrages plus modernes, destinés aussi à mettre les éléments de la science à la portée des gens du monde. Le nom de l'auteur, la gloire qui s'attache à ses immenses travaux mathématiques, donnent, comme l'a dit Condorcet, un charme singulier à la lecture de ces Lettres si simples, si faciles, dans lesquelles se montre, aussi bien que dans les compositions les plus savantes, le cachet du génie d'Euler, essentiellement ami de la clarté.

Mais ce qu'on aime aussi à trouver dans ces Lettres, et ce qu'on ne pourrait pas s'attendre à rencontrer dans des ouvrages d'une nature plus abstraite, c'est l'empreinte profonde du caractère de l'auteur, de ses habitudes morales, de ses croyances religieuses. L'alliance de la simplicité du cœur et de la hauteur des pensées, le contraste entre la foi naïve d'Euler et le scepticisme de son siècle, ne sont pas ce qu'il y a de moins curieux dans la correspondance du grand géomètre avec sa royale élève, et n'ont pas peu contribué à lui attirer des lecteurs.

Enfin, suivant nous, les Lettres d'Euler se recommandent principalement par l'union intime de la philosophie et de la science, telle que la concevaient les plus beaux génies du XVIIe siècle : union qu'on a pris à tâche de rompre dans des temps plus modernes, mais dont il est toujours bon de reproduire de temps en temps des modèles, à moins de condamner à la mutilation ou au dépérissement quelques-unes des plus nobles facultés de l'esprit humain.

Il est utile, pour le progrès des sciences,

que les hommes qui les cultivent soient provoqués à faire un retour vers les idées philosophiques sur lesquelles reposent, quelquefois à leur insu, leurs théories scientifiques. C'est un moyen de les prémunir contre une confiance aveugle dans les théories dominantes, qui serait un des grands obstacles à des perfectionnements ultérieurs.

La philosophie d'Euler est un cartésianisme tempéré. En adoptant les lois de la gravitation newtonienne, dont lui-même a tant contribué à développer les conséquences mathématiques, il repousse l'hypothèse du vide absolu et de l'action à distance. Il est conduit ainsi à maintenir, sous le nom d'éther, la matière subtile de Descartes, et à s'en servir pour l'explication des phénomènes de lumière et d'électricité. Soixante ans plus tard, les progrès de l'optique devaient rendre cette théorie dominante, en y introduisant les perfectionnements dont l'expérience seule, aidée du calcul, pouvait suggérer l'idée.

Les opinions philosophiques de Leibnitz, commentées par Wolf et par d'autres disciples moins célèbres de ce grand homme, avaient excité l'attention de tous les esprits éclairés, et

provoqué, en Allemagne surtout, une polémique ardente. Euler avait pris part à ces querelles, et l'on s'en aperçoit à la chaleur qu'il met dans ses attaques contre le leibnitzianisme. Il ne faudrait pas juger du système de Leibnitz par ce qu'Euler en dit dans ses Lettres. Il semble que, choqué des hardiesses de ce système, il n'en ait jamais pu ou voulu comprendre la profondeur. En général, les doctrines philosophiques d'Euler sont simples, claires, accommodées aux besoins d'un enseignement élémentaire et classique. Sa théorie du syllogisme mérite particulièrement d'être indiquée, aujourd'hui qu'on néglige trop, pour l'ordinaire, la discussion des formes syllogistiques. Euler l'a ingénieusement rattachée à des considérations de géométrie, que l'on pourrait aussi très-aisément traduire en algèbre.

Les *Lettres à une princesse d'Allemagne*, publiées originairement à Pétersbourg, de 1768 à 1772, en 3 volumes in-8°, ont eu plusieurs réimpressions à l'étranger. On en a donné deux éditions à Paris. L'une a paru de 1787 à 1789, par les soins de Condorcet et de M. Lacroix ; l'autre, à la date de 1812, est accompa-

gnée de notes de feu le professeur Labey. Le texte original a subi des retouches et des retranchements dans l'édition de 1787, qui devait être accompagnée d'un quatrième volume, contenant les éléments du calcul des probabilités, par Condorcet. Les événements de la révolution ont interrompu l'impression de ce quatrième volume. L'éditeur de 1812 a jugé convenable de reproduire fidèlement le texte de l'édition *princeps*, et nous n'avons pas hésité à suivre son exemple. Les fautes contre la langue, échappées à un auteur étranger, n'ont aucune importance ; et quand il s'agit d'un auteur tel qu'Euler, on doit craindre d'altérer, par des corrections indiscrètes, la physionomie du style.

Au premier aperçu, les Lettres qui composent ce recueil semblent écrites sans aucun ordre : l'auteur passe d'une question de physique à des questions de logique ou de morale, pour revenir ensuite brusquement à la physique. Mais, en y regardant de plus près, on trouve la raison de ce désordre apparent; et c'est pour la rendre plus sensible au lecteur que nous avons divisé ces Lettres en trois parties ou séries, au lieu de n'employer qu'une seule série

de numéros, comme on l'a fait dans les éditions précédentes. La première partie roule sur les questions de physique et de cosmologie, qu'Euler avait besoin de traiter avant d'aborder les questions de métaphysique ou de philosophie générale. Ainsi, avant de traiter de l'essence des corps et de la nature des forces, Euler tenait à établir son hypothèse du plein et de l'éther; ce qui exigeait une exposition des phénomènes généraux de l'optique, et préalablement des notions d'acoustique, à cause de l'analogie que la théorie des vibrations éthérées suppose entre le son et la lumière. La seconde partie a exclusivement pour objet les questions de métaphysique, de logique et de morale. Enfin, la troisième partie est entièrement consacrée à la physique : elle répond assez bien à ce qu'on désignait, dans les anciennes écoles, sous le nom de physique particulière. L'auteur y revient avec beaucoup de détails sur l'optique, et il y expose sa théorie de l'électricité et du magnétisme.

Nous avons joint quelques notes à cette nouvelle édition, pour indiquer sommairement les principales modifications que les idées de l'au-

teur doivent subir, dans l'état actuel de la science. Ces notes, quoique plus étendues que celles qui accompagnaient les éditions précédentes, sont encore pour la plupart fort succinctes, et nous avons évité de les trop multiplier. Les Lettres d'Euler ne peuvent pas tenir lieu d'un traité de physique, mais elles donneront des notions utiles à ceux qui n'auraient pas fait de cette science l'objet d'études méthodiques, et elles seront encore lues avec fruit, même par ceux qui auraient puisé dans les livres modernes des connaissances plus complètes.

ÉLOGE D'EULER,

PAR CONDORCET.

Léonard Euler, directeur de la classe de mathématiques dans l'Académie de Pétersbourg, et auparavant dans celle de Berlin; de la Société royale de Londres, des Académies de Turin, de Lisbonne et de Bâle; associé étranger de celle des Sciences, naquit à Bâle, le 15 avril 1707, de Paul Euler et de Marguerite Brucker.

Son père, devenu en 1708 pasteur du village de Riechen près de Bâle, fut son premier instituteur, et eut bientôt le plaisir de voir ces espérances des talents et de la gloire d'un fils, si douces pour un cœur paternel, naître et se fortifier sous ses yeux et par ses soins.

Il avait étudié les mathématiques sous Jacques Bernoulli. On sait que cet homme illustre joignait à un grand génie pour les sciences, une philosophie profonde qui n'accompagne pas toujours ce génie, mais qui sert à lui donner plus d'étendue et à le rendre plus utile: dans ses leçons, il faisait sentir à ses disciples que la géométrie n'est pas une science isolée, et la leur présentait comme la base et la clef de toutes les connaissances humaines, comme la science où l'on peut le mieux observer la marche de l'esprit, celle dont la culture exerce le plus utile-

ment nos facultés, puisqu'elle donne à l'entendement de la force et de la justesse à la fois; enfin, comme une étude également précieuse par le nombre ou la variété de ses applications, et par l'avantage de faire contracter l'habitude d'une méthode de raisonner, qui peut s'employer ensuite à la recherche des vérités de tous les genres, et nous guider dans la conduite de la vie.

Paul Euler, pénétré des principes de son maître, enseigna les éléments des mathématiques à son fils, quoiqu'il le destinât à l'étude de la théologie; et lorsque le jeune Euler fut envoyé à l'université de Bâle, il se trouva digne de recevoir les leçons de Jean Bernoulli: son application, ses dispositions heureuses lui méritèrent bientôt l'amitié de Daniel et de Nicolas Bernoulli, disciples et déjà rivaux de leur père; il eut même le bonheur d'obtenir celle du sévère Jean Bernoulli, qui voulut bien lui donner, une fois par semaine, une leçon particulière, destinée à éclaircir les difficultés qui se présentaient à lui dans le cours de ses lectures et de ses travaux : les autres jours étaient employés par M. Euler à se mettre en état de profiter de cette faveur signalée.

Cette méthode excellente empêchait son génie naissant de s'épuiser contre des obstacles invincibles, de s'égarer dans les routes nouvelles qu'il cherchait à s'ouvrir; elle guidait et secondait ses efforts; mais en même temps elle l'obligeait de déployer toutes ses forces, qu'il augmentait encore par un exercice proportionné à son âge et à l'étendue de ses connaissances.

Il ne jouit pas longtemps de cet avantage; et à peine eut-il obtenu le titre de maître-ès-arts, que son père, qui le destinait à lui succéder, l'obligea de quitter les mathé-

matiques pour la théologie : heureusement cette rigueur ne fut que passagère ; on lui fit aisément entendre que son fils était né pour remplacer dans l'Europe Jean Bernoulli, et non pour être pasteur de Riechen.

Un ouvrage que M. Euler fit à dix-neuf ans, sur la mâture des vaisseaux, sujet proposé par l'Académie des sciences, obtint un accessit en 1727 : honneur d'autant plus grand, que le jeune habitant des Alpes n'avait pu être aidé par aucune connaissance pratique, et qu'il n'avait été vaincu que par M. Bouguer, géomètre habile, alors dans la force de son talent, et déjà depuis dix ans professeur d'hydrographie dans une ville maritime.

M. Euler concourait en même temps pour une chaire dans l'université de Bâle ; mais c'est le sort qui prononce entre les savants admis à disputer ces places, et il ne fut pas favorable, nous ne disons point à M. Euler, mais à sa patrie, qui le perdit peu de jours après et pour toujours. Deux ans auparavant, Nicolas et Daniel Bernoulli avaient été appelés en Russie ; M. Euler, qui les vit partir avec regret, obtint d'eux la promesse de chercher à lui procurer le même honneur qu'il ambitionnait de partager ; et il ne faut pas en être surpris. La splendeur de la capitale d'un grand empire, cet éclat qui, se répandant sur les travaux dont elle est le théâtre et sur les hommes qui l'habitent, semble ajouter à leur gloire, peut aisément séduire la jeunesse, et frapper le citoyen libre, mais obscur et pauvre, d'une petite république. MM. Bernoulli furent fidèles à leur parole, et se donnèrent, pour avoir auprès d'eux un concurrent si redoutable, autant de soins que des hommes ordinaires en auraient pu prendre pour écarter leurs rivaux.

Le voyage de M. Euler fut entrepris sous de tristes auspices : il apprit bientôt que Nicolas Bernoulli avait déjà été victime de la rigueur du climat ; et le jour même où il entra sur les terres de l'empire russe fut celui de la mort de Catherine Ire, événement qui parut d'abord menacer d'une dissolution prochaine l'Académie dont cette princesse, fidèle aux vues de son époux, venait d'achever la fondation. M. Euler, éloigné de sa patrie, n'ayant point, comme M. Daniel Bernoulli, à y rapporter un nom célèbre et respecté, prit la résolution d'entrer dans la marine russe : un des amiraux de Pierre Ier lui avait déjà promis une place, lorsque, heureusement pour la géométrie, l'orage élevé contre les sciences se dissipa : M. Euler obtint le titre de professeur, succéda en 1733 à M. Daniel Bernoulli, lorsque cet homme illustre se retira dans son pays ; et la même année il épousa mademoiselle Gsell, sa compatriote, fille d'un peintre que Pierre Ier avait ramené en Russie, au retour de son premier voyage. Dès lors, pour nous servir de l'expression de Bacon, M. Euler sentit qu'il avait donné des otages à la fortune, et que le pays où il pouvait espérer de former un établissement pour sa famille était devenu pour lui une patrie nécessaire. Né chez une nation où tous les gouvernements conservent au moins l'apparence et le langage des constitutions républicaines ; où, malgré des distinctions plus réelles que celles qui séparent les premiers esclaves d'un despote du dernier de ses sujets, on a soigneusement gardé toutes les formes de l'égalité ; où le respect qu'on doit aux lois s'étend jusqu'aux usages les plus indifférents, pourvu que l'antiquité ou l'opinion vulgaire les ait consacrés ; M. Euler se trouvait transporté dans un pays où le

prince exerce une autorité sans bornes; où la loi la plus sacrée des gouvernements absolus, celle qui règle la succession à l'empire, était alors incertaine et méprisée; où des chefs, esclaves du souverain, régnaient despotiquement sur un peuple esclave; et c'était dans le moment où cet empire, gouverné par un étranger ambitieux, défiant et cruel, gémissait sous la tyrannie de Biren, et offrait un spectacle aussi effrayant qu'instructif aux savants qui étaient venus chercher dans son sein la gloire, la fortune, et la liberté de goûter en paix les douceurs de l'étude!

On sent tout ce que dut éprouver l'âme de M. Euler, lié à ce séjour par une chaîne qu'il ne pouvait plus rompre : peut-être doit-on à cette circonstance de sa vie cette opiniâtreté pour le travail dont il prit alors l'habitude, et qui devint son unique ressource dans une capitale où l'on ne trouvait plus que des satellites ou des ennemis du ministre, les uns occupés de flatter ses soupçons, les autres de s'y dérober. Cette impression fut si forte sur M. Euler, qu'il la conservait encore, lorsqu'en 1741, l'année d'après la chute de Biren, dont la tyrannie fit place à un gouvernement plus modéré et plus humain, il quitta Pétersbourg pour se rendre à Berlin, où le roi de Prusse l'avait appelé. Il fut présenté à la reine mère : cette princesse se plaisait dans la conversation des hommes éclairés, et elle les accueillait avec cette familiarité noble qui annonce dans les princes le sentiment d'une grandeur personnelle, indépendante de leurs titres, et qui est devenue un des caractères de cette famille auguste. Cependant la reine de Prusse ne put obtenir de M. Euler que des monosyllabes; elle lui reprocha cette timidité, cet

embarras, qu'elle croyait ne pas mériter d'inspirer. *Pourquoi ne voulez-vous donc pas me parler?* lui dit-elle. *Madame,* répondit-il, *parce que je viens d'un pays où, quand on parle, on est pendu.*

Parvenu au moment de rendre compte des travaux immenses de M. Euler, j'ai senti l'impossibilité d'en suivre les détails, de faire connaître cette foule de découvertes, de méthodes nouvelles, de vues ingénieuses répandues dans plus de trente ouvrages publiés à part, et dans près de sept cents mémoires, dont environ deux cents, déposés à l'Académie de Pétersbourg, avant sa mort, sont destinés à enrichir successivement la collection qu'elle publie.

Mais un caractère particulier m'a semblé le distinguer des hommes illustres qui, en suivant la même carrière, ont obtenu une gloire que la sienne n'a pas éclipsée : c'est d'avoir embrassé les sciences mathématiques dans leur universalité, d'en avoir successivement perfectionné les différentes parties; et, en les enrichissant toutes par des découvertes importantes, d'avoir produit une révolution utile dans la manière de les traiter. J'ai donc cru qu'en formant un tableau méthodique des différentes branches de ces sciences, en marquant pour chacune les progrès, les changements heureux qu'elle doit au génie de M. Euler, j'aurais du moins, autant que mes forces me le permettent, donné une idée plus juste de cet homme célèbre, qui, par la réunion de tant de qualités extraordinaires, a été pour ainsi dire un phénomène dont l'histoire des sciences ne nous avait encore offert aucun exemple.

L'algèbre n'avait été pendant longtemps qu'une science très-bornée : cette manière de ne considérer l'idée de la grandeur que dans le dernier degré d'abstraction où l'es-

prit humain puisse atteindre; la rigueur avec laquelle on sépare de cette idée tout ce qui, en occupant l'imagination, pourrait donner quelque appui ou quelque repos à l'intelligence; enfin l'extrême généralité des signes que cette science emploie, la rendent en quelque sorte trop étrangère à notre nature, trop éloignée de nos conceptions communes, pour que l'esprit humain pût aisément s'y plaire et en acquérir facilement l'habitude. La marche même des méthodes algébriques rebutait encore les hommes les plus propres à ces méditations : pour peu que l'objet qu'on poursuit soit compliqué, elles forcent de l'oublier totalement, pour ne songer qu'à leurs formules; la route qu'on suit est assurée, mais le but où l'on veut arriver, le point d'où l'on est parti, disparaissent également aux regards du géomètre; et il a fallu longtemps du courage pour oser perdre la terre de vue, et s'exposer sur la foi d'une science nouvelle. Aussi, en jetant les yeux sur les ouvrages des grands géomètres du siècle dernier, de ceux même auxquels l'algèbre doit les découvertes les plus importantes, on verra combien peu ils étaient accoutumés à manier ce même instrument qu'ils ont tant perfectionné; et l'on ne pourra s'empêcher de regarder comme l'ouvrage de M. Euler la révolution qui a rendu l'analyse algébrique une méthode lumineuse, universelle, applicable à tout, et même facile.

Après avoir donné sur la forme des racines, des équations algébriques, sur leur solution générale, sur l'élimination, plusieurs théories nouvelles, et des vues ingénieuses ou profondes, M. Euler porta ses recherches sur le calcul des quantités transcendantes. Leibnitz et les deux Bernoulli se partagent la gloire d'avoir introduit

dans l'analyse algébrique les fonctions exponentielles et logarithmiques; Cotes avait donné le moyen de représenter par des sinus ou des cosinus les racines de certaines équations algébriques.

Un usage heureux de ces découvertes conduisit M. Euler à observer les rapports singuliers des quantités exponentielles et logarithmiques avec les transcendantes nées dans le cercle, et ensuite à trouver des méthodes au moyen desquelles faisant disparaître, de la solution des problèmes, les termes imaginaires qui s'y seraient présentés, et qui auraient embarrassé le calcul, quoiqu'on sût qu'ils dussent se détruire, et réduisant les formules à une expression plus simple et plus commode, il est parvenu à donner une forme entièrement nouvelle à la partie de l'analyse qui s'applique aux questions d'astronomie et de physique. Cette forme a été adoptée par tous les géomètres; elle est devenue d'un usage commun, et elle a produit, dans cette partie du calcul, à peu près la même révolution que la découverte des logarithmes avait produite dans les calculs ordinaires.

Ainsi, à certaines époques, où après de grands efforts les sciences mathématiques semblent avoir épuisé toutes les ressources de l'esprit humain et atteindre le terme marqué à leurs progrès, tout à coup une nouvelle méthode de calcul vient s'introduire dans ces sciences, et leur donner une face nouvelle; bientôt on les voit s'enrichir rapidement par la solution d'un grand nombre de problèmes importants dont les géomètres n'avaient osé s'occuper, rebutés par la difficulté, et pour ainsi dire par l'impossibilité physique de conduire leurs calculs jusqu'à un résultat réel. Peut-être la justice exigerait-elle de réser-

ver, à celui qui a su introduire ces méthodes et les rendre usuelles, une portion dans la gloire de tous ceux qui les emploient avec succès; mais du moins il a sur leur reconnaissance des droits qu'ils ne pourraient contester sans ingratitude.

L'analyse des séries a occupé M. Euler dans presque toutes les époques de sa vie; c'est même une des parties de ses ouvrages où l'on voit briller le plus cette finesse, cette sagacité, cette variété de moyens et de ressources qui le caractérisent.

Les fractions continues, inventées par le vicomte Brouncker, paraissaient presque oubliées des géomètres; M. Euler en perfectionna la théorie, en multiplia les applications, et en fit sentir toute l'importance.

Ses recherches presque absolument neuves sur les séries de produits indéfinis offrent des ressources nécessaires à la solution d'un grand nombre de questions utiles ou curieuses; et c'est surtout en imaginant ainsi de nouvelles formes de séries, et en les employant non-seulement à des approximations dont on est si souvent forcé de se contenter, mais aussi à la découverte de vérités absolues et rigoureuses, que M. Euler a su agrandir cette branche de l'analyse, aujourd'hui si vaste, et bornée avant lui à un petit nombre de méthodes et d'applications.

Le calcul intégral, l'instrument le plus fécond de découvertes que jamais les hommes aient possédé, a changé de face depuis les ouvrages de M. Euler; il a perfectionné, étendu, simplifié toutes les méthodes employées ou proposées avant lui : on lui doit la solution générale des équations linéaires, premier fondement de ces formules d'approximation, si variées et si utiles. Une foule

de méthodes particulières, fondées sur différents principes, sont répandues dans ses ouvrages, et réunies dans son Traité du calcul intégral; là, on le voit, par un heureux usage des substitutions, ou rappeler à une méthode connue des équations qui semblaient s'y refuser, ou réduire aux premières différentielles des équations d'ordres supérieurs: tantôt, en considérant la forme des intégrales, il en déduit les conditions des équations différentielles auxquelles elles peuvent satisfaire; et tantôt l'examen de la forme des facteurs qui rendent une différentielle complète le conduit à former des classes générales d'équations intégrables; quelquefois une propriété particulière qu'il remarque dans une équation lui offre un moyen de séparer les indéterminées qui semblaient devoir y rester confondues; ailleurs, si une équation où elles sont séparées se dérobe aux méthodes communes, c'est en mêlant ces indéterminées qu'il parvient à connaître l'intégrale.

Au premier coup d'œil, le choix et la réussite de ces moyens peuvent sembler, en quelque sorte, appartenir au hasard; cependant un succès si fréquent et si sûr oblige de reconnaître une autre cause, et il n'est pas toujours impossible de suivre le fil délié qui a guidé le génie. Si, par exemple, on considère la forme des substitutions employées par M. Euler, on découvrira souvent ce qui a pu lui faire prévoir que cette opération produirait l'effet dont il avait besoin; et si on examine la forme que dans une de ses plus belles méthodes il suppose aux facteurs d'une équation du second ordre, on verra qu'il s'est arrêté à une de celles qui appartiennent particulièrement à cet ordre d'équations. A la vérité, cette suite d'idées qui dirige alors un analyste est moins une méthode dont il

puisse développer la marche, qu'une sorte d'instinct particulier dont il serait difficile de rendre compte; et souvent il aime mieux ne pas faire l'histoire de ses pensées, que de s'exposer au soupçon d'en avoir donné un roman ingénieux, et fait après coup.

M. Euler a observé que les équations différentielles sont susceptibles de solutions particulières qui ne sont pas comprises dans la solution générale. M. Clairaut a fait aussi la même remarque; mais M. Euler a montré depuis pourquoi ces intégrales particulières étaient exclues de la solution générale, et il est le premier qui se soit occupé de cette théorie, perfectionnée depuis par plusieurs géomètres célèbres, et dans laquelle le mémoire de M. de Lagrange, sur la nature de ces intégrales et leur usage dans la solution des problèmes, n'a plus rien laissé à désirer.

Nous citerons encore une partie de ce calcul, qui appartient presque en entier à M. Euler; c'est celle où l'on cherche des intégrales particulières pour une certaine valeur déterminée des inconnues que renferme l'équation. Cette théorie est d'autant plus importante, que souvent l'intégrale générale se dérobe absolument à nos recherches, et que, dans les problèmes où une valeur approchée de l'intégrale ne suffit pas aux vues qu'on se propose, la connaissance de ces intégrales particulières peut suppléer à ce défaut. En effet, on connaît alors, du moins pour certains points, la valeur rigoureuse; et cette connaissance, unie à celle d'une valeur générale approchée, doit suffire à presque tous les besoins de l'analyse.

Personne n'a fait un usage plus étendu et plus heureux des méthodes qui donnent la valeur de plus en plus ap-

prochée d'une quantité déterminée par des équations différentielles, et dont on a déjà une première valeur; et il s'est également occupé de donner un moyen direct de déduire immédiatement de l'équation même une valeur assez voisine de la vraie, pour que les puissances élevées de leur différence puissent être négligées : moyen sans lequel les méthodes d'approximation en usage parmi les géomètres ne pourraient s'étendre aux équations pour lesquelles les observations, ou des considérations particulières, ne donnent pas cette première valeur dont ces méthodes supposent la connaissance.

Ce que nous avons dit suffit pour montrer jusqu'à quel point M. Euler avait approfondi la nature des équations différentielles, la source des difficultés qui s'opposent à l'intégration, et la manière de les éluder ou de les vaincre; son grand ouvrage sur cet objet est non-seulement un recueil précieux de méthodes neuves et étendues, c'est encore une mine féconde de découvertes, que tout homme, né avec quelque talent, ne peut parcourir sans en rapporter de riches dépouilles. L'on peut dire de cette partie des travaux de M. Euler, comme de beaucoup d'autres, que les méthodes qu'elle renferme serviront, longtemps après lui, à résoudre des questions importantes et difficiles; et que ses ouvrages produiront encore et plus d'une découverte et plus d'une réputation.

Le calcul aux différences finies n'était presque connu que par l'ouvrage obscur, mais plein de sagacité, de Taylor : M. Euler en fit une branche importante du calcul intégral, lui donna une notation simple et commode, et sut l'appliquer avec succès à la théorie des suites, à la recherche de leurs sommes ou de l'expression de leurs

termes généraux, à celle de la racine des équations déterminées, à la manière d'avoir, par un calcul facile, la valeur approchée des produits ou des sommes indéfinies de certains nombres.

C'est à M. d'Alembert qu'appartient réellement la découverte du calcul aux différences partielles, puisque c'est à lui qu'est due la connaissance de la forme générale de leurs intégrales; mais dans les premiers ouvrages de M. d'Alembert on voyait plus le résultat du calcul que le calcul lui-même; c'est à M. Euler que l'on en doit la notation; il a su se le rendre propre, en quelque manière, par la profonde théorie qui l'a conduit à résoudre un grand nombre de ces équations, à distinguer les formes des intégrales pour les différents ordres et pour les différents nombres de variables, à réduire ces équations, lorsqu'elles ont certaines formes, à des intégrations ordinaires à donner les moyens de rappeler à ces formes, par d'heureuses substitutions, celles qui s'en éloignent; en un mot, en découvrant, dans la nature des équations aux différences partielles, plusieurs de ces propriétés singulières qui en rendent la théorie générale si difficile et si piquante: qualités presque inséparables en géométrie, où le degré de la difficulté est si souvent la mesure de l'intérêt qu'on prend à une question, de l'honneur qu'on attache à une découverte. L'influence d'une vérité nouvelle sur la science même, ou sur quelque application importante, est le seul avantage qui puisse balancer ce mérite de la difficulté vaincue, chez des hommes pour qui le plaisir d'apercevoir une vérité est toujours proportionné aux efforts qu'elle leur a coûtés.

M. Euler n'avait négligé aucune partie de l'analyse : il

moyens d'exercer les forces ou de faire briller le génie des géomètres. Presque toujours, dans les sciences, on commence par cultiver séparément quelques parties isolées; à mesure que les découvertes successives se multiplient, les liaisons qui unissent ces parties se laissent successivement apercevoir; et le plus souvent c'est aux lumières qui résultent de cette réunion que sont dues les grandes découvertes qui font époque dans l'histoire de l'esprit humain.

La question de déterminer les courbes ou les surfaces pour lesquelles certaines fonctions indéfinies sont plus grandes ou plus petites que pour toutes les autres, avait exercé les géomètres les plus illustres du siècle dernier. Les solutions des problèmes du solide de la moindre résistance, de la courbe de plus vite descente, de la plus grande des aires isopérimètres, avaient été célèbres en Europe. La méthode générale de résoudre le problème était cachée dans ces solutions, et surtout dans celle que Jacques Bernoulli avait trouvée pour la question des isopérimètres, et qui lui avait donné sur son frère un avantage que tant de chefs-d'œuvre, enfantés depuis par Jean Bernoulli, n'ont pu faire oublier. Mais il fallait développer cette méthode, il fallait la réduire en formules générales; et c'est ce que fit M. Euler dans un ouvrage imprimé en 1744, et l'un des plus beaux monuments de son génie. Pour trouver ces formules, il avait été obligé d'employer la considération des lignes courbes : quinze ans après, un jeune géomètre (M. de Lagrange), qui dans ses premiers essais annonçait un digne successeur d'Euler, résolut le même problème par une méthode purement analytique. M. Euler admira le premier ce nouvel effort

de l'art du calcul, s'occupa lui-même d'exposer la nouvelle méthode, d'en présenter les principes, et d'en donner le développement avec cette clarté, cette élégance qui brillent dans tous ses ouvrages. Jamais le génie ne reçut et ne rendit un plus bel hommage, et jamais il ne se montra plus supérieur à ces petites passions que le partage d'un peu de gloire rend si actives et si violentes dans les hommes ordinaires.

Nous terminerons cet exposé des travaux de M. Euler sur l'analyse pure, en observant qu'il serait injuste de borner son influence sur les progrès des mathématiques aux découvertes sans nombre dont ses ouvrages sont remplis. Ces communications qu'il a ouvertes entre toutes les parties d'une science si vaste; ces vues générales, que souvent même il n'indique pas, mais qui n'échappent point à un esprit attentif; ces routes dont il s'est contenté d'ouvrir l'entrée et d'aplanir les premiers obstacles, sont encore autant de bienfaits dont les sciences s'enrichiront, et dont la postérité jouira, en oubliant peut-être la main dont elle les aura reçus.

Le Traité de mécanique que M. Euler donna en 1736 est le premier grand ouvrage où l'analyse ait été appliquée à la science du mouvement. Le nombre des choses neuves, ou présentées d'une manière nouvelle, qui entrent dans ce Traité, eût étonné les géomètres, si M. Euler n'en eût déjà publié séparément la plus grande partie.

Dans ses nombreux travaux sur la même science, il fut toujours fidèle à l'analyse; et l'usage heureux qu'il en a fait a mérité à cette méthode la préférence qu'elle a enfin obtenue sur toutes les autres.

La solution du problème où l'on cherche le mouvement

d'un corps lancé dans l'espace, et attiré vers deux points fixes, est devenue célèbre par l'art avec lequel des substitutions, dont M. Euler savait si bien prévoir la forme, l'ont conduit à réduire aux quadratures, des équations que leur complication et leur forme pouvaient faire regarder comme insolubles.

Il appliqua l'analyse au mouvement d'un corps solide d'une figure donnée, et elle le conduisit à ce beau théorème déjà donné par Segner, *qu'un corps d'une figure quelconque peut tourner librement, d'un mouvement uniforme, autour de trois axes perpendiculaires entre eux;* à la connaissance de plusieurs propriétés singulières de ces trois axes principaux, et enfin aux équations générales du mouvement d'un corps, quelles que soient sa figure et la loi des forces accélératrices qui agissent sur ses éléments et sur quelques-unes de ses parties.

Le problème des cordes vibrantes, et tous ceux qui appartiennent à la théorie du son où des lois des oscillations de l'air, ont été soumis à l'analyse par les nouvelles méthodes dont il enrichit le calcul des différences partielles. Une théorie du mouvement des fluides, appuyée sur ce même calcul, étonna par la clarté qu'il a répandue sur des questions si épineuses, et la facilité qu'il a su donner à des méthodes fondées sur une analyse si profonde.

Tous les problèmes de l'astronomie physique, qui ont été traités dans ce siècle, ont été résolus par des méthodes analytiques particulières à M. Euler. Son calcul des perturbations de l'orbite terrestre, surtout sa Théorie de la lune, sont des modèles de la simplicité, de la précision auxquelles on peut porter ces méthodes; et, en lisant ce

dernier ouvrage, on n'est pas moins étonné de voir jusqu'où un homme d'un grand génie, animé du désir de ne rien laisser à faire sur une question importante, peut pousser la patience et l'opiniâtreté du travail.

L'astronomie n'employait que des méthodes géométriques : M. Euler sentit tout ce qu'elle pouvait espérer des secours de l'analyse, et il le prouva par des exemples qui, imités depuis par plusieurs savants célèbres, pourront un jour faire prendre à cette science une forme nouvelle.

Il embrassa la science navale, dans un grand ouvrage auquel une savante analyse sert de base, et où les questions les plus difficiles sont soumises à ces méthodes générales et fécondes qu'il savait si bien créer et employer : longtemps après il publia, sur la même matière, un abrégé élémentaire de ce même Traité, où il renferme, sous la forme la plus simple, ce qui peut être utile à la pratique, et ce que doivent savoir ceux qui se consacrent au service de mer : cet ouvrage, quoique destiné par l'auteur aux seules écoles de l'empire de Russie, lui mérita une gratification du roi, qui jugea que des travaux utiles à tous les hommes avaient des droits à la reconnaissance de tous les souverains, et voulut montrer que, même aux extrémités de l'Europe, des talents si rares ne pouvaient échapper ni à ses regards, ni à ses bienfaits. M. Euler fut sensible à cette marque de l'estime d'un roi puissant, et elle reçut un nouveau prix à ses yeux, de la main qui la lui transmit : c'était celle de M. Turgot, ministre respecté dans l'Europe par ses lumières comme par ses vertus, fait pour commander à l'opinion plutôt que pour lui obéir, et dont le suffrage, toujours dicté par la vérité, et jamais

par le désir d'attirer sur lui-même l'approbation publique, pouvait flatter un sage trop accoutumé à la gloire pour être encore sensible au bruit de sa renommée.

Dans les hommes d'un génie supérieur, l'extrême simplicité de caractère peut s'allier avec les qualités de l'esprit, qui semblent le plus annoncer de l'habileté ou de la finesse : aussi M. Euler, malgré cette simplicité qui ne se démentit jamais, savait cependant distinguer, avec une sagacité toujours indulgente, il est vrai, les hommages d'une admiration éclairée, et ceux que la vanité prodigue aux grands hommes pour s'assurer du moins le mérite de l'enthousiasme.

Ses travaux sur la dioptrique sont fondés sur une analyse moins profonde, et on est tenté de lui en savoir gré, comme d'une espèce de sacrifice. Les différents rayons dont un rayon solaire est formé subissent, dans le même milieu, des réfractions différentes; séparés ainsi des rayons voisins, ils paraissent seuls, ou moins mélangés, et donnent la sensation de couleur qui leur est propre : cette réfrangibilité varie dans les différents milieux pour chaque rayon, et suivant une loi qui n'est pas la même que celle de la réfraction moyenne dans ces milieux. Cette observation donnait lieu de croire que deux prismes inégaux et de différentes matières, combinés ensemble, pourraient détourner un rayon de sa route sans le décomposer, ou plutôt en replaçant, par une triple réfraction, les rayons élémentaires dans une direction parallèle.

De la vérité de cette conjecture pouvait dépendre, dans les lunettes, la destruction des iris qui colorent les objets vus à travers les verres lenticulaires : M. Euler était convaincu de la possibilité du succès, d'après cette idée méta-

physique, *que si l'œil a été composé de diverses humeurs, c'est uniquement dans l'intention de détruire les effets de l'aberration de réfrangibilité;* il ne s'agissait donc que de chercher à imiter l'opération de la nature, et il en proposa les moyens, d'après une théorie qu'il s'était formée. Ses premiers essais excitèrent les physiciens à s'occuper d'un objet qu'ils paraissaient avoir négligé; leurs expériences ne s'accordèrent point avec la théorie de M. Euler, mais elles confirmèrent les vues qu'il avait eues sur la perfection des lunettes. Instruit alors par eux des lois de la dispersion dans les différents milieux, il abandonna ses premières idées, soumit au calcul les résultats de leurs expériences, et enrichit la dioptrique de formules analytiques simples, commodes, générales, applicables à tous les instruments qu'on peut construire.

On a encore de M. Euler quelques essais sur la théorie générale de la lumière, dont il cherchait à concilier les phénomènes avec les lois des oscillations d'un fluide, parce que l'hypothèse de l'émission des rayons en ligne droite lui paraissait présenter des difficultés insurmontables. La théorie de l'aimant, celle de la propagation du feu, les lois de la cohésion des corps et celles des frottements, devinrent aussi pour lui l'occasion de savants calculs, appuyés malheureusement sur des hypothèses plutôt que sur des expériences.

Le calcul des probabilités, l'arithmétique politique, furent encore l'objet de ses infatigables travaux; nous ne citerons ici que ses recherches sur les tables de mortalité, et sur les moyens de les déduire des phénomènes avec plus d'exactitude; sa méthode de prendre un milieu entre des observations; ses calculs sur l'établisse-

ment d'une caisse d'emprunt, dont le but est d'assurer aux veuves, aux enfants, ou une somme fixe ou une rente payable après la mort d'un mari ou d'un père : moyen ingénieux, imaginé par des géomètres philosophes, pour contre-balancer le mal moral qui résulte de l'établissement des rentes viagères, et pour rendre utiles aux familles les plus petites épargnes que leur chef peut faire sur son gain journalier, ou sur les appointements, soit d'une commission, soit d'une place.

On a vu, dans l'éloge de M. Daniel Bernoulli, qu'il avait partagé avec M. Euler seul la gloire d'avoir remporté treize prix à l'Académie des sciences; souvent ils travaillèrent pour les mêmes sujets, et l'honneur de l'emporter sur son concurrent fut encore partagé entre eux, sans que jamais cette rivalité ait suspendu les témoignages réciproques de leur estime, ou refroidi le sentiment de leur amitié. En examinant les sujets sur lesquels l'un et l'autre ont obtenu la victoire, on voit que le succès a dépendu surtout du caractère de leur talent : lorsque la question exigeait de l'adresse dans la manière de l'envisager, un usage heureux de l'expérience, ou des vues de physique ingénieuses et neuves, l'avantage était pour M. Daniel Bernoulli ; n'offrait-elle à vaincre que de grandes difficultés de calcul, fallait-il créer de nouvelles méthodes d'analyse, c'était M. Euler qui l'emportait : et si l'on pouvait avoir la témérité de vouloir juger entre eux, ce ne serait pas entre deux hommes qu'on aurait à prononcer, ce serait entre deux genres d'esprit, entre deux manières d'employer le génie.

Nous n'aurions donné qu'une idée très-imparfaite de la fécondité de M. Euler, si nous n'ajoutions à cette faible

esquisse de ses travaux, qu'il est peu de sujets importants pour lesquels il ne soit revenu sur ses traces, en refaisant même plusieurs fois son premier ouvrage: tantôt il substituait une méthode directe et analytique à une méthode indirecte; tantôt il étendait sa première solution à des cas qui lui avaient d'abord échappé; ajoutant presque toujours de nouveaux exemples qu'il savait choisir avec un art singulier, parmi ceux qui offraient ou quelque application utile, ou quelque remarque curieuse: la seule intention de donner à son travail une forme plus méthodique, d'y répandre plus de clarté, d'y ajouter un nouveau degré de simplicité, suffisait pour le déterminer à des travaux immenses : jamais géomètre n'a tant écrit, et jamais aucun n'a donné à ses ouvrages un tel degré de perfection. Lorsqu'il publiait un mémoire sur un objet nouveau, il exposait avec simplicité la route qu'il avait parcourue, il en faisait observer les difficultés ou les détours; et après avoir fait suivre scrupuleusement à ses lecteurs la marche de son esprit dans ses premiers essais, il leur montrait ensuite comment il était parvenu à trouver une route plus simple. On voit qu'il préférait l'instruction de ses disciples à la petite satisfaction de les étonner, et qu'il croyait n'en pas faire assez pour la science, s'il n'ajoutait, aux vérités nouvelles dont il l'enrichissait, l'exposition naïve des idées qui l'y avaient conduit.

Cette méthode d'embrasser ainsi toutes les branches des mathématiques, d'avoir, pour ainsi dire, toujours présentes à l'esprit toutes les questions et toutes les théories, était pour M. Euler une source de découvertes fermée pour presque tous les autres, ouverte pour lui seul: ainsi, dans la suite de ses travaux, tantôt s'offrait à lui une mé-

thode singulière d'intégrer des équations en les différentiant, tantôt une remarque sur une question d'analyse ou de mécanique le conduisait à la solution d'une équation différentielle très-compliquée, qui échappait aux méthodes directes : c'est quelquefois un problème, en apparence très-difficile, qu'il résout en un instant par une méthode très-simple, ou un problème qui paraît élémentaire, et dont la solution a des difficultés qu'il ne peut vaincre que par de grands efforts; d'autres fois, des combinaisons de nombres singuliers, des séries d'une forme nouvelle, lui présentent des questions piquantes par leur nouveauté, ou le mènent à des vérités inattendues. M. Euler avertissait alors avec soin que c'était au hasard qu'il devait les découvertes de ce genre; ce n'était pas en diminuer le mérite, car on voyait aisément que ce hasard ne pourrait arriver qu'à un homme qui joindrait à une vaste étendue de connaissances la sagacité la plus rare. D'ailleurs, peut-être ne faudrait-il pas le louer de cette candeur, quand même elle lui aurait coûté un peu de sa gloire : les hommes d'un grand génie ont rarement ces petites ruses de l'amour-propre, qui ne servent qu'à rapetisser aux yeux des juges éclairés ceux qu'elles agrandissent dans l'opinion de la multitude; soit que l'homme de génie sente qu'il ne sera jamais plus grand qu'en se montrant tel qu'il est, soit que l'opinion n'ait pas sur lui cet empire qu'elle exerce avec tant de tyrannie sur les autres hommes.

Lorsqu'on lit la vie d'un grand homme, soit conviction de l'imperfection attachée à la faiblesse humaine, soit que la justice dont nous sommes capables ne puisse atteindre jusqu'à reconnaître dans nos semblables une

supériorité dont rien ne nous console, soit enfin que l'idée de la perfection dans un autre nous blesse ou nous humilie encore plus que celle de la grandeur, il semble qu'on a besoin de trouver un endroit faible; on cherche quelque défaut qui puisse nous relever à nos propres yeux, et l'on est involontairement porté à se défier de la sincérité de l'écrivain, s'il ne nous montre pas cet endroit faible, s'il ne soulève point le voile importun dont ces défauts sont couverts.

M. Euler paraissait quelquefois ne s'occuper que du plaisir de calculer, et regarder le point de mécanique ou de physique, qu'il examinait, seulement comme une occasion d'exercer son génie et de se livrer à sa passion dominante. Aussi les savants lui ont-ils reproché d'avoir quelquefois prodigué son calcul à des hypothèses physiques, ou même à des principes métaphysiques dont il n'avait pas assez examiné ou la vraisemblance, ou la solidité; ils lui reprochaient aussi de s'être trop reposé sur les ressources du calcul, et d'avoir négligé celles que pouvait lui donner l'examen des questions mêmes qu'il se proposait de résoudre. Nous conviendrons que le premier reproche n'était pas sans fondement; nous avouerons que, dans M. Euler, le métaphysicien, ou même le physicien, n'a pas été si grand que le géomètre; et l'on doit regretter sans doute que plusieurs parties de ses ouvrages, par exemple de ceux qu'il a faits sur la science navale, sur l'artillerie, n'aient presque été utiles qu'aux progrès de la science du calcul: mais nous croyons que le second reproche est beaucoup moins mérité; partout, dans les ouvrages de M. Euler, on le voit occupé d'ajouter aux richesses de l'analyse, d'en étendre et d'en multiplier

les applications; en même temps qu'elle paraît son instrument unique, on voit qu'il a voulu en faire un instrument universel: le progrès naturel des sciences mathématiques devait amener cette révolution; mais il l'a vue pour ainsi dire s'accomplir sous ses yeux, c'est à son génie que nous la devons; elle a été le prix de ses efforts et de ses découvertes. Ainsi, lors même qu'il paraissait abuser de l'analyse et en épuiser tous les secrets, pour résoudre une question dont quelques réflexions étrangères au calcul lui eussent donné une solution simple et facile, souvent il ne cherchait qu'à montrer les forces et les ressources de son art; et on doit lui pardonner si quelquefois, en paraissant s'occuper d'une autre science, c'était encore au progrès et à la propagation de l'analyse que ses travaux étaient consacrés, puisque la révolution qui en a été le fruit est un de ses premiers droits à la reconnaissance des hommes, et un de ses plus beaux titres à la gloire.

Je n'ai pas cru devoir interrompre le détail des travaux de M. Euler, par le récit des événements très-simples et très-peu multipliés de sa vie.

Il s'établit à Berlin en 1741, et y resta jusqu'en 1766.

Madame la princesse d'Anhalt-Dessau, nièce du roi de Prusse, voulut recevoir de lui quelques leçons de physique; ces leçons ont été publiées sous le nom de *Lettres à une princesse d'Allemagne;* ouvrage précieux par la clarté singulière avec laquelle il a exposé les vérités les plus importantes de la mécanique, de l'astronomie physique, de l'optique et de la théorie des sons, et par des vues ingénieuses, moins philosophiques mais plus savantes que celles qui ont fait survivre la *Pluralité des*

mondes de Fontenelle, au système des tourbillons. Le nom d'Euler, si grand dans les sciences, l'idée imposante que l'on se forme de ses ouvrages destinés à développer ce que l'analyse a de plus épineux et de plus abstrait, donnent à ces Lettres si simples, si faciles, un charme singulier : ceux qui n'ont pas étudié les mathématiques, étonnés, flattés peut-être de pouvoir entendre un ouvrage d'Euler, lui savent gré de s'être mis à leur portée; et ces détails élémentaires des sciences acquièrent une sorte de grandeur par le rapprochement qu'on en fait avec la gloire et le génie de l'homme illustre qui les a tracés.

Le roi de Prusse employa M. Euler à des calculs sur les monnaies, à la conduite des eaux de *Sans-Souci*, à l'examen de plusieurs canaux de navigation. Ce prince n'était pas né pour croire que de grands talents et des connaissances profondes fussent jamais des qualités superflues ou dangereuses; et le bonheur de pouvoir être utile, un avantage réservé par la nature à l'ignorance et à la médiocrité.

En 1750, M. Euler fit le voyage de Francfort pour y recevoir sa mère, veuve alors, et la ramener à Berlin ; il eut le bonheur de l'y conserver jusqu'en 1761 : pendant onze ans elle jouit de la gloire de son fils comme le cœur d'une mère sait en jouir, et fut plus heureuse encore peut-être par ses soins tendres et assidus, dont cette gloire augmentait le prix.

Ce fut pendant son séjour à Berlin que M. Euler, lié par la reconnaissance à M. de Maupertuis, se crut obligé de défendre ce principe de la moindre action, sur lequel le président de l'Académie de Prusse avait fondé l'espérance d'une si grande renommée. Le moyen que choisit

M. Euler ne pouvait guère être employé que par lui : c'était de résoudre par ce principe quelques-uns des problèmes les plus difficiles de la mécanique : ainsi, dans les temps fabuleux, les dieux daignaient fabriquer, pour les guerriers qu'ils favorisaient, des armes impénétrables aux coups de leurs adversaires. Nous désirerions que la reconnaissance de M. Euler se fût bornée à une protection si noble et si digne de lui; mais on ne peut se dissimuler qu'il n'ait montré trop de dureté dans ses réponses à Kœnig; et c'est avec douleur que nous sommes obligés de compter un grand homme parmi les ennemis d'un savant malheureux et persécuté. Heureusement toute la vie de M. Euler le met à l'abri d'un soupçon plus grave : sans cette simplicité, cette indifférence pour la renommée, qu'il a montrées constamment, on aurait pu croire que les plaisanteries d'un illustre partisan de M. Kœnig (plaisanteries que M. de Voltaire lui-même a depuis condamnées à un juste oubli) avaient altéré le caractère du sage et paisible géomètre; mais s'il fit alors une faute, c'est à l'excès seul de la reconnaissance qu'il faut l'attribuer; et c'est par un sentiment respectable qu'il a été injuste une seule fois dans sa vie.

Les Russes ayant pénétré dans la Marche de Brandebourg, en 1760, pillèrent une métairie que M. Euler avait auprès de Charlottenbourg. Mais le général Tottleben n'était pas venu faire la guerre aux sciences : instruit de la perte que M. Euler avait essuyée, il s'empressa de la réparer, en faisant payer le dommage à un prix fort au-dessus de la valeur réelle; et il rendit compte de ce manque d'égards involontaire à l'impératrice Élisabeth, qui ajouta un don de quatre mille florins à une indemnité déjà beaucoup plus

que suffisante. Ce trait n'a point été connu en Europe, et nous citons avec enthousiasme quelques actions semblables que les anciens nous ont transmises : cette différence dans nos jugements n'est-elle pas une preuve de ces progrès heureux de l'espèce humaine, que quelques écrivains s'obstinent à nier encore, apparemment pour éviter qu'on ne les accuse d'en avoir été les complices?

Le gouvernement de Russie n'avait jamais traité M. Euler comme un étranger : une partie de ses appointements lui fut toujours payée malgré son absence; et l'impératrice l'ayant appelé en 1766, il consentit à retourner à Pétersbourg.

En 1735, les efforts que lui avait coûtés un calcul astronomique pour lequel les autres académiciens demandaient plusieurs mois, et qu'il acheva en peu de jours, lui avaient causé une maladie, suivie de la perte d'un œil; il avait lieu de craindre une cécité complète, s'il s'exposait de nouveau dans un climat dont l'influence lui était contraire. L'intérêt de ses enfants l'emporta sur cette crainte; et si on songe que l'étude était pour M. Euler une passion exclusive, on jugera sans doute que peu d'exemples d'amour paternel ont mieux prouvé qu'il est la plus puissante et la plus douce de nos affections.

Il essuya peu d'années après le malheur qu'il avait prévu, mais il conserva, heureusement pour lui et pour les sciences, la faculté de distinguer de grands caractères tracés sur une ardoise avec de la craie; ses fils, ses élèves copiaient ses calculs, écrivaient sous sa dictée le reste de ses mémoires : et si on en juge par leur nombre, et souvent par le génie qu'on y retrouve, on pourrait croire que l'absence encore plus absolue de toute dis-

traction, et la nouvelle énergie que ce recueillement forcé donnait à toutes ses facultés, lui ont fait plus gagner que l'affaiblissement de sa vue n'a pu lui faire perdre de facilité et de moyens pour le travail.

D'ailleurs M. Euler, par la nature de son génie, par l'habitude de sa vie, s'était même involontairement préparé des ressources extraordinaires. En examinant ces grandes formules analytiques, si rares avant lui, si fréquentes dans ses ouvrages, dont la combinaison et le développement réunissent tant de simplicité et d'élégance, dont la forme même plaît aux yeux comme à l'esprit, on voit qu'elles ne sont pas le fruit d'un calcul tracé sur le papier, et que, produites tout entières dans sa tête, elles y ont été créées par une imagination également puissante et active. Il existe dans l'analyse (et M. Euler en a beaucoup multiplié le nombre) des formules d'une application commune et presque journalière; il les avait toujours présentes à l'esprit, les savait par cœur, les récitait dans la conversation; et M. d'Alembert, lorsqu'il le vit à Berlin, fut étonné d'un effort de mémoire qui supposait dans l'esprit de M. Euler tant de netteté et tant de vigueur à la fois. Enfin, sa facilité à calculer de tête était portée à un degré qu'on croirait à peine, si l'histoire de ses travaux n'avait accoutumé aux prodiges: on l'a vu, dans l'intention d'exercer son petit-fils aux extractions de racines, se former la table des six premières puissances de tous les nombres, depuis 1 jusqu'à 100, et la conserver exactement dans sa mémoire. Deux de ses disciples avaient calculé jusqu'au dix-septième terme une série convergente assez compliquée; leurs résultats, quoique formés d'après un calcul écrit, différaient d'une unité

au cinquantième chiffre : ils firent part de cette dispute à leur maître; M. Euler refit le calcul entier dans sa tête, et sa décision se trouva conforme à la vérité.

Depuis la perte de sa vue, il n'avait d'autre amusement que de faire des aimants artificiels, et de donner des leçons de mathématiques à un de ses petits-fils, qui lui paraissait annoncer d'heureuses dispositions.

Il allait encore quelquefois à l'Académie, principalement dans les circonstances difficiles, où il croyait que sa présence pouvait être utile pour y maintenir la liberté : on sent combien un président perpétuel, nommé par la cour, peut troubler le repos de l'Académie, et tout ce qu'elle en doit craindre, lorsque, n'étant pas choisi dans la classe des savants, il ne se sent pas même arrêté par le besoin qu'a sa réputation du suffrage de ses confrères : comment des hommes, uniquement occupés de leurs paisibles travaux, et ne sachant parler que le langage des sciences, pourraient-ils alors se défendre, surtout si, étrangers, isolés, éloignés de leur patrie, ils tiennent tout du gouvernement auquel ils ont à demander justice contre le chef que ce gouvernement même leur a donné?

Mais il est un degré de gloire où l'on se trouve au-dessus de la crainte : c'est lorsque l'Europe entière s'élèverait contre une injure personnelle faite à un grand homme, qu'il peut sans risque déployer contre l'injustice l'autorité de sa renommée, et élever en faveur des sciences une voix qu'on ne peut empêcher de se faire entendre. M. Euler, tout simple, tout modeste qu'il était, sentait ses forces, et les a plus d'une fois heureusement employées.

En 1771, la ville de Pétersbourg éprouva un incendie terrible; les flammes gagnèrent la maison de M. Euler. Un Bâlois, M. Pierre Grimm (dont le nom mérite sans doute d'être conservé), apprend le danger de son illustre compatriote, aveugle et souffrant; il se précipite au travers des flammes, pénètre jusqu'à lui, le charge sur ses épaules, et le sauve au péril de sa vie: la bibliothèque, les meubles de M. Euler furent consumés, mais les soins empressés du comte Orloff sauvèrent ses manuscrits; et cette attention, au milieu du trouble et des horreurs de ce grand désastre, est un des hommages les plus vrais et les plus flatteurs que jamais l'autorité publique ait rendus au génie des sciences. La maison de M. Euler était un des bienfaits de l'impératrice: un nouveau bienfait en répara promptement la perte.

Il a eu de sa première femme treize enfants, dont huit morts en bas âge; ses trois fils lui ont survécu, et il eût le malheur de perdre ses deux filles dans la dernière année de sa vie; de trente-huit petits-enfants, vingt-six vivaient encore à l'époque de sa mort. En 1776, il épousa en secondes noces mademoiselle Gsell, sœur de père de sa première femme. Il avait gardé toute la simplicité de mœurs dont la maison paternelle lui avait donné l'exemple: tant qu'il a conservé la vue, il rassemblait tous les soirs, pour la prière commune, ses petits-enfants, ses domestiques, et ceux de ses élèves qui logeaient chez lui; il leur lisait un chapitre de la Bible, et quelquefois accompagnait cette lecture d'une exhortation.

Il était très-religieux: on a de lui une preuve nouvelle de l'existence de Dieu et de la spiritualité de l'âme; cette

dernière même a été adoptée dans plusieurs écoles de théologie. Il avait conservé scrupuleusement la religion de son pays, qui est le calvinisme rigide; et il ne paraît pas qu'à l'exemple de la plupart des savants protestants, il se soit permis d'adopter des opinions particulières, et de se former un système de religion.

Son érudition était très-étendue, surtout dans l'histoire des mathématiques. On a prétendu qu'il avait porté sa curiosité jusqu'à s'instruire des progrès et des règles de l'astrologie: et que même il en avait fait quelques applications; cependant lorsqu'en 1740 on lui donna ordre de faire l'horoscope du prince Yvan, il représenta que cette fonction appartenait à M. Kraaff, qui, en qualité d'astronome de la cour, fut obligé de la remplir. Cette crédulité, qu'on est étonné de trouver à cette époque dans la cour de Russie, était générale un siècle auparavant dans toutes les cours de l'Europe; celles de l'Asie n'en ont pas encore secoué le joug; et il faut avouer que, si on en excepte les maximes communes de la morale, il n'y a jusqu'ici aucune vérité qui puisse se glorifier d'avoir été adoptée aussi généralement et aussi longtemps que beaucoup d'erreurs, ou ridicules ou funestes.

M. Euler avait étudié presque toutes les branches de la physique, l'anatomie, la chimie, la botanique; mais sa supériorité dans les mathématiques ne lui permettait pas d'attacher la plus petite importance à ses connaissances dans les autres genres, quoique assez étendues pour qu'un homme plus susceptible des petitesses de l'amour-propre eût pu aspirer à une sorte d'universalité.

L'étude de la littérature ancienne et des langues sa-

vantes avait fait partie de son éducation; il en conserva le goût toute sa vie, et n'oublia rien de ce qu'il avait appris; mais il n'eut jamais ni le temps ni le désir d'ajouter à ses premières études : il n'avait pas lu les poëtes modernes, et savait par cœur l'Énéide. Cependant M. Euler ne perdait pas de vue les mathématiques, même lorsqu'il récitait les vers de Virgile; tout était propre à lui rappeler cet objet presque unique de ses pensées; et on trouve dans ses ouvrages un savant mémoire sur une question de mécanique, dont il racontait qu'un vers de l'Énéide lui avait donné la première idée.

On a dit que, pour les hommes d'un grand talent, le plaisir du travail en était une récompense plus douce encore que la gloire : si cette vérité avait besoin d'être prouvée par des exemples, celui de M. Euler ne permettrait plus d'en douter.

Jamais, dans ses savantes discussions avec de célèbres géomètres, il n'a laissé échapper un seul trait qui puisse faire soupçonner qu'il se soit occupé des intérêts de son amour-propre. Jamais il n'a réclamé aucune de ses découvertes; et si on revendiquait quelque chose dans ses ouvrages, il s'empressait de réparer une injustice involontaire, sans même trop examiner si l'équité rigoureuse exigeait de lui un abandon absolu. Y avait-on relevé quelque erreur, si le reproche était mal fondé, il l'oubliait; s'il était juste, il se corrigeait, et ne songeait même pas à observer que souvent le mérite de ceux qui se vantaient d'avoir aperçu ses fautes consistait seulement dans une application facile des méthodes que lui-même leur avait enseignées, à des théories dont il avait aplani d'avance les plus grandes difficultés.



Presque toujours les hommes médiocres cherchent à se faire valoir par une sévérité proportionnée à la haute idée qu'ils veulent donner de leur jugement ou de leur génie; inexorables pour tout ce qui s'élève au-dessus d'eux, ils ne pardonnent même pas à l'infériorité; on dirait qu'un sentiment secret les avertit du besoin qu'ils ont de rabaisser les autres. Au contraire, le premier mouvement de M. Euler le portait à célébrer les talents dès l'instant où quelques essais heureux frappaient ses regards, et sans attendre que l'opinion publique eût sollicité son suffrage. On le voit employer son temps à refaire, à éclaircir ses ouvrages, et même à résoudre des problèmes déjà résolus, qui ne lui laissaient plus que le mérite de plus d'élégance et de méthode, avec la même ardeur, la même constance qu'il eût mises à poursuivre une vérité nouvelle dont la découverte aurait ajouté à sa renommée. D'ailleurs, si le désir ardent de la gloire eût existé au fond de son cœur, la franchise de son caractère ne lui eût pas permis d'en cacher les mouvements. Mais cette gloire, dont il s'occupait si peu, vint le chercher. La fécondité singulière de son génie frappait même ceux qui n'étaient pas en état d'entendre ses ouvrages; quoique uniquement livré à la géométrie, sa réputation s'étendit parmi les hommes les plus étrangers à cette science; et il fut pour l'Europe entière non-seulement un grand géomètre, mais un grand homme. Il est d'usage, en Russie, d'accorder des titres militaires à des hommes très-étrangers au service; c'est rendre hommage au préjugé qui faisait regarder cet état comme la seule profession noble, et avouer en même temps qu'on en reconnaît toute la faus-

seté : quelques savants ont obtenu jusqu'au grade de général-major; M. Euler n'en eut et n'en voulait avoir aucun: mais quel titre pouvait honorer le nom d'Euler? Et alors le respect pour la conservation des droits naturels de l'homme impose en quelque sorte le devoir de donner l'exemple d'une sage indifférence pour ces hochets de la vanité humaine, si puérils, mais si dangereux.

La plupart des princes du Nord, dont il était personnellement connu, lui ont donné des marques de leur estime, ou plutôt de la vénération qu'on ne pouvait refuser à la réunion d'une vertu si simple et d'un génie si vaste et si élevé. Dans le voyage que le prince royal de Prusse fit à Pétersbourg, il prévint la visite de M. Euler, et passa quelques heures à côté du lit de cet illustre vieillard, ayant ses mains dans les siennes, et tenant sur ses genoux un petit-fils d'Euler, que ses dispositions précoces pour la géométrie avaient rendu l'objet particulier de sa tendresse paternelle.

Tous les mathématiciens célèbres qui existent aujourd'hui sont ses élèves : il n'en est aucun qui ne se soit formé par la lecture de ses ouvrages, qui n'ait reçu de lui les formules, la méthode qu'il emploie; qui, dans ses découvertes, ne soit guidé et soutenu par le génie d'Euler. Il doit cet honneur à la révolution qu'il a produite dans les sciences mathématiques, en les soumettant toutes à l'analyse; à sa force pour le travail, qui lui a permis d'embrasser toute l'étendue de ces sciences; à l'ordre qu'il a su mettre dans ses grands ouvrages; à la simplicité, à l'élégance de ses formules; à la clarté de ses méthodes et de ses démonstrations, qu'augmentent

encore la multitude et le choix de ses exemples. Ni Newton, ni Descartes même, dont l'influence a été si puissante, n'ont obtenu cette gloire; et jusqu'ici seul, entre les géomètres, M. Euler l'a possédée tout entière et sans partage.

Mais, comme professeur, il a formé des élèves qui lui appartiennent plus particulièrement, et parmi lesquels nous citerons son fils aîné, que l'Académie des sciences a choisi pour le remplacer, sans craindre que cette succession honorable accordée au nom d'Euler, comme à celui de Bernoulli, pût devenir un exemple dangereux; un second fils, livré aujourd'hui à l'étude de la médecine, mais qui dans sa jeunesse a remporté dans cette Académie un prix sur les altérations du moyen mouvement des planètes; M. Lexell, qu'une mort prématurée vient d'enlever aux sciences; enfin M. Fuss, le plus jeune de ses disciples, le compagnon de ses derniers travaux, qui, envoyé de Bâle à M. Euler par M. Daniel Bernoulli, s'est montré digne, par ses ouvrages, du choix de Bernoulli et des leçons d'Euler, et qui, après avoir rendu dans l'Académie de Pétersbourg un hommage public à son illustre maître, vient de s'unir à sa petite-fille.

De seize professeurs attachés à l'Académie de Pétersbourg, huit avaient été formés par lui; et tous, connus par leurs ouvrages et décorés de titres académiques, se glorifiaient de pouvoir y ajouter celui de disciples d'Euler.

Il avait conservé toute sa facilité, et en apparence toutes ses forces; aucun changement n'annonçait que les sciences fussent menacées de le perdre. Le 7 septembre

1783, après s'être amusé à calculer sur une ardoise les lois du mouvement ascensionnel des machines aérostatiques, dont la découverte récente occupait alors toute l'Europe, il dîna avec M. Lexell et sa famille, parla de la planète d'Herschell, et des calculs qui en déterminent l'orbite; peu de temps après, il fit venir son petit-fils, avec lequel il badinait en prenant quelques tasses de thé, lorsque tout à coup la pipe qu'il tenait à la main lui échappa, et il cessa de calculer et de vivre.

Telle fut la fin d'un des hommes les plus grands et les plus extraordinaires que la nature ait jamais produits; dont le génie fut également capable des plus grands efforts et du travail le plus continu; qui multiplia ses productions au delà de ce qu'on eût osé attendre des forces humaines, et qui cependant fut original dans chacune; dont la tête fut toujours occupée et l'âme toujours calme; qui enfin, par une destinée malheureusement trop rare, réunit et mérita de réunir un bonheur presque sans nuage, à une gloire qui ne fut jamais contestée.

Sa mort a été regardée comme une perte publique, même dans le pays qu'il habitait : l'Académie de Pétersbourg a porté solennellement son deuil, et lui a décerné à ses frais un buste de marbre qui doit être placé dans une de ses salles d'assemblées; elle lui avait déjà rendu pendant sa vie un honneur plus singulier. Dans un tableau allégorique, la Géométrie s'appuie sur une planche chargée de calculs, et ce sont les formules de sa nouvelle Théorie de la lune que l'Académie a ordonné d'y inscrire. Ainsi, un pays qu'au commencement de ce siècle nous regardions encore comme barbare apprend aux na-

tions les plus éclairées de l'Europe à honorer la vie des grands hommes et leur mémoire récente; il donne à ces nations un exemple que plusieurs d'entre elles auraient à rougir, peut-être, de n'avoir su prévenir, ni même imiter.

LETTRES D'EULER

A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE,

SUR DIVERS SUJETS

DE PHYSIQUE ET DE PHILOSOPHIE.

PREMIÈRE PARTIE.

LETTRE PREMIÈRE.

(Berlin, 19 avril 1760.)

De l'Étendue.

MADAME,

Comme l'espérance de pouvoir continuer à V. A. mes instructions dans la Géométrie semble de nouveau être reculée, ce qui me cause un très-sensible chagrin, je souhaiterais y pouvoir suppléer par écrit, autant que la nature des objets le permet. J'en ferai un essai en expliquant à V. A. la juste idée qu'on doit se former de la grandeur, en y comprenant, tant les plus petites que les plus grandes étendues que nous découvrons actuellement dans le monde. Et d'abord il faut se fixer une certaine mesure proportionnée à nos sens, dont nous ayons une juste

idée, comme par exemple celle d'un pied. Cette longueur étant une fois établie et mise devant les yeux, elle nous peut servir à connaître toutes les longueurs, tant les plus grandes que les plus petites; celles-là, en déterminant combien de pieds elles renferment, et celles-ci en déterminant quelle partie d'un pied leur convient. Car ayant l'idée d'un pied, on en a une aussi de sa moitié, de son quart, de sa douzième partie, qu'on nomme un pouce, de sa centième partie et de sa millième, laquelle est si petite qu'elle échappe presque à la vue. Mais il faut considérer qu'il y a même des animaux qui ne sont pas plus grands, ayant leurs membres, dans lesquels coule leur sang, et qui renferment apparemment encore d'autres insectes vivants, qui à leur égard sont aussi petits qu'eux-mêmes par rapport à nous; d'où l'on comprend que les plus petites quantités existent actuellement au monde, et qu'elles se trouvent divisées en des parties infiniment plus petites. Ainsi, par exemple, quoique la dix-millième partie d'un pied soit insensible à notre égard, elle surpasse la grandeur d'un animal entier, et lui devrait sembler fort grande, s'il avait quelque connaissance. Mais passons de ces petites quantités, où notre esprit se perd, à de plus grandes. V. A. connaît la longueur d'un mille; on en compte dix-huit d'ici à Magdebourg: on estime un mille de 24 000 pieds (1), et on s'en sert pour mesurer la

(1) Le *pied* de Berlin vaut $0^m,3097$, ce qui donne $7\,433^m$ pour le *mille* d'Allemagne, supposé de 24 000 pieds. Cependant

distance des lieux sur la terre, pour épargner les trop grands nombres, si l'on voulait se servir du pied. Ainsi, sachant qu'un mille est de 24 000 pieds, quand on dit que Magdebourg est éloigné de Berlin de 18 milles, on a une idée plus claire que si l'on disait que cette distance est de 432 000 pieds, ce grand nombre éblouissant presque notre entendement. Pareillement on aura une idée juste de la grandeur de toute la terre, quand on saura que le contour de la terre contient 5 400 milles. Or la terre ayant la figure d'un globe, le diamètre de ce globe est estimé à 1 720 milles, ce qui nous fournit une juste idée du diamètre de la terre, dont on se sert depuis, pour mesurer les plus grandes distances qu'on découvre dans les cieux. Des corps célestes, c'est la lune qui nous approche le plus, sa distance de la terre n'étant environ que de 30 diamètres de la terre, ce qui fait 51 600 milles, ou bien 1 238 400 000 pieds; mais la première mesure de 30 diamètres de la terre est la plus claire. Le soleil est environ 300 fois plus éloigné que la lune, et partant, sa distance de 9 000 diamètres de la terre nous donne une connaissance plus évidente, que si nous la

l'administration des postes évalue le *mille* d'Allemagne à environ 9 kilomètres.

Le diamètre équatorial de la terre est de 1 275 myriamètres, et le diamètre polaire de 1 271 myriamètres. La distance moyenne de la lune à la terre, étant égale à environ 30 fois le diamètre équatorial, vaut à peu près 3 825 myriamètres. Enfin, la distance moyenne de la terre au soleil est d'environ 12 000 diamètres terrestres, ou de plus de 15 millions de myriamètres.

voulions exprimer en milles ou même en pieds. V. A. sait que la terre tourne autour du soleil dans l'espace d'un an, et que le soleil demeure en repos. Or il y a, outre la terre, encore cinq autres corps semblables, qui tournent pareillement autour du soleil, mais à des distances, ou plus petites, comme Mercure et Vénus, ou plus grandes, comme Mars, Jupiter et Saturne, qu'on nomme les *planètes* (1). Toutes les autres étoiles, que nous voyons, excepté les comètes, sont appelées *fixes*, dont la distance est incomparablement plus grande que celle du soleil. Leurs distances de nous sont sans doute extrêmement inégales, de là vient que quelques-unes paraissent plus grandes que les autres. Mais celle qui est la plus proche, est certainement plus de 5 000 fois plus éloignée que le soleil, et partant, sa distance surpasse 45 000 000 de diamètres de la terre, et en milles elle serait de 77 400 000 000; enfin le nombre étant multiplié par 24 000 donnera cette prodigieuse distance exprimée en pieds. Ce n'est encore que la distance des étoiles fixes qui sont les plus proches de nous; et les plus éloignées que nous voyons, seront bien encore cent fois plus éloignées. Cependant on s'imagine que toutes ces étoiles, prises ensemble, ne constituent qu'une très-petite partie de l'univers tout entier, à l'égard duquel ces terribles distances ne sont pas

(1) Ajoutez-y la planète *Uranus*, découverte par Herschell en 1781, et les quatre planètes télescopiques, *Vesta*, *Junon*, *Cérès* et *Pallas*, découvertes au commencement du siècle.

plus grandes qu'un grain de sable par rapport à la terre. Toute cette immensité est l'ouvrage du Tout-Puissant, qui gouverne également les plus grands corps comme les plus petits, et qui dirige le succès des armes auquel nous sommes intéressés (1).

LETTRE II.

(22 avril 1760.)

De la Vitesse.

Dans l'espérance que V. A. agréera la continuation de mes instructions dont j'ai pris la liberté de lui présenter un échantillon l'ordinaire passé, je m'en vais développer l'idée de la vitesse, qui est une espèce particulière de grandeur, étant susceptible du plus ou du moins. Lorsqu'une chose est transportée ou qu'elle passe d'un lieu à un autre, on lui attribue une vitesse. Qu'un courrier à cheval et un messager à pied passent de Berlin à Magdebourg, on conçoit dans l'un et l'autre une certaine vitesse, mais on dit que la vitesse du premier est plus grande que celle du dernier. Il s'agit donc d'examiner en quoi consiste la différence que nous mettons entre ces deux vitesses. Ce n'est pas le chemin, qui est le même pour le courrier et le messager; mais la dif-

(1) Ces lettres ont été écrites pendant la guerre de *sept ans.*

férence se trouve visiblement dans le temps que l'un et l'autre emploie à faire le même chemin. La vitesse du courrier est donc plus grande, puisqu'il emploie moins de temps à parcourir le chemin de Berlin à Magdebourg, et la vitesse du messager est plus petite, puisqu'il emploie plus de temps à faire le même chemin; de là il est clair que, pour se former une juste idée de la vitesse, il faut avoir égard à deux espèces de quantité à la fois, c'est-à-dire au chemin qui est parcouru, et au temps écoulé. Ainsi un corps qui parcourt en même temps un double chemin, a la vitesse double, et s'il parcourt en même temps un chemin trois fois plus grand, sa vitesse est estimée trois fois plus grande, et ainsi de suite. On connaîtra donc la vitesse d'un corps, quand on sait le chemin qu'il parcourt dans un certain temps. Ainsi, pour connaître la vitesse de ma marche, quand je vais à Lytzow (1), j'ai observé que je fais 120 pas dans une minute; or un de mes pas vaut deux pieds et demi; donc ma vitesse est telle, que je parcours dans une minute un chemin de 300 pieds; et dans une heure je parcours un chemin soixante fois plus grand, ou bien de 18 000 pieds, ce qui n'est pas encore un mille, qui, contenant 24 000 pieds, demanderait une heure et 20 minutes; donc si je voulais marcher d'ici à Magdebourg, il me faudrait employer précisément 24 heures. Voilà une juste idée de la vitesse dont je suis capable de marcher; et

(1) Village près de Berlin.

de là on comprend aisément ce que c'est qu'une vitesse ou plus grande ou plus petite. Ainsi, si un courrier allait d'ici à Magdebourg en 12 heures, sa vitesse serait deux fois plus grande que la mienne; et s'il allait en huit heures, sa vitesse serait trois fois plus grande. Nous remarquons une très-grande différence parmi les vitesses dans ce monde. Une tortue donne un exemple d'une très-petite vitesse; si elle ne fait qu'un pied dans une minute, sa vitesse est 300 fois plus petite que la mienne, puisque je fais 300 pieds dans une minute. Or nous connaissons aussi des vitesses beaucoup plus grandes. Celle du vent est très-variable: un vent médiocre fait 10 pieds dans une seconde, ou 600 pieds dans une minute; il marche donc deux fois plus vite que moi. Un vent qui parcourt 20 pieds dans une seconde ou 1 200 dans une minute, est déjà passablement fort; or un vent qui fait 50 pieds dans une seconde, est extrêmement fort, quoique sa vitesse ne soit que 10 fois plus grande que la mienne, et qu'il lui faille 2 heures et 24 minutes pour souffler d'ici à Magdebourg.

Après, vient la vitesse d'un son, qui fait 1 000 pieds dans une seconde(1), et partant, 60 000 pieds dans une minute. Elle est donc 200 fois plus grande que la vitesse dont je marche; et si l'on tirait un canon à Magdebourg, et qu'il fût possible que le

(1) D'après les expériences faites à Paris en 1822, la vitesse du son dans l'air, à la température de 10 degrés centigrades, est de 337,2 par seconde.

bruit passât jusqu'à Berlin, il n'arriverait qu'après 7 minutes de temps. Un boulet de canon se meut à peu près avec la même vitesse; mais quand on emploie la plus grande charge, on compte qu'il pourrait bien parcourir 2 000 pieds dans une seconde ou 120 000 dans une minute. Cette vitesse nous paraît prodigieuse, quoiqu'elle ne surpasse que 400 fois celle dont je marche à Lytzow, et c'est aussi la plus grande vitesse que nous apercevions ici-bas sur la terre. Mais il y a dans les cieux des vitesses beaucoup plus grandes, quoique les mouvements nous en paraissent fort tranquilles. V. A. sait que la terre tourne autour de son axe dans l'espace de 24 heures; donc sous l'équateur cette vitesse parcourt 5 400 milles dans 24 heures, pendant que moi je n'en saurais parcourir que 18 milles. Cette vitesse est donc 300 fois plus grande que la mienne, et partant, plus petite que la plus grande vitesse d'un boulet de canon. Or la terre se meut autour du soleil dans l'espace d'un an, et avec cette vitesse elle parcourt 128 250 milles dans 24 heures; donc cette vitesse est encore 18 fois plus rapide que celle d'un boulet de canon. La plus grande vitesse que nous connaissions est sans doute celle de la lumière qui parcourt 2 000 000 milles chaque minute, et qui surpasse celle d'un boulet de canon 400 000 fois (1).

(1) La vitesse de la lumière est d'environ 30 400 myriamètres par seconde. D'après les expériences récentes de M. Wheatstone, la vitesse de l'électricité surpasse encore celle de la lumière.

LETTRE III.

(26 avril 1760.)

Du Son et de sa vitesse.

Les éclaircissements sur les divers degrés de vitesse, que j'ai pris la liberté de présenter à V. A., me conduisent à la considération du son, ou d'un bruit quelconque en général; ayant remarqué qu'il s'écoule toujours quelque temps avant qu'il parvienne jusqu'à nos oreilles, et que ce temps est d'autant plus long, que le lieu où le son est produit est éloigné de nous; en sorte que pour se communiquer à une distance de 1 000 pieds, il lui faut une seconde de temps.

Quand on tire un canon, ceux qui en sont éloignés, n'entendent le bruit que quelque temps après qu'ils ont vu la flamme de la poudre. Ceux qui sont éloignés d'un mille ou de 24 000 pieds, n'entendent le bruit que 24 secondes après la vue du feu. V. A aura aussi bien souvent remarqué que le bruit du tonnerre ne parvient à nos oreilles que quelque temps après l'éclair : et c'est de là qu'on peut juger à quelle distance de nous se trouve l'endroit où le tonnerre est engendré. Si nous observons, par exemple, qu'il s'écoule 20 secondes entre l'éclair et le

tonnerre, nous pouvons conclure que le siége du tonnerre est 20 fois mille pieds éloigné de nous, en comptant pour chaque seconde de temps mille pieds de distance. Cette belle propriété nous mène à la question en quoi le son consiste? si la nature du son est semblable à celle de l'odeur? ou si le son est répandu de la même manière du corps sonore, qu'une fleur répand son odeur en remplissant l'air de subtiles exhalaisons propres à exciter le sens de notre odorat? On peut avoir eu cette pensée dans l'antiquité, mais à présent nous sommes bien convaincus, que lorsqu'une cloche est frappée, il n'en sort rien du tout qui soit transporté dans nos oreilles, ou bien que tout corps qui sonne ne perd rien de sa substance. On n'a qu'à regarder une cloche, lorsqu'elle est frappée, ou une corde lorsqu'elle est pincée, pour s'apercevoir que le corps se trouve alors dans un tremblement ou ébranlement dont toutes ses parties sont agitées. Et tout corps qui est susceptible d'un tel ébranlement dans ses parties, produit aussi un son. Dans une corde, lorsqu'elle n'est pas trop mince, on peut voir ces ébranlements ou vibrations par lesquelles la corde tendue ACB (*fig.* 1) passe alternativement dans la situation AMB et ANB, que j'ai représentées beaucoup plus sensiblement qu'elles n'arrivent en effet. Ensuite il faut observer que ces vibrations mettent l'air voisin dans une semblable vibration, qui se communique successivement aux parties plus éloignées de l'air, jusqu'à ce qu'elles viennent frapper l'organe de notre

oreille. C'est donc l'air qui reçoit de telles vibrations, qui transporte le son jusqu'à nos oreilles; d'où il est clair que la perception d'un son n'est autre chose que lorsque nos oreilles sont frappées par l'ébranlement qui se trouve dans l'air qui se communique à notre organe de l'ouïe, et quand nous entendons le son d'une corde pincée, nos oreilles en reçoivent autant de coups que la corde a fait de vibrations en même temps. Ainsi, si la corde fait 100 vibrations dans une seconde, l'oreille en reçoit aussi 100 coups dans une seconde, et la perception de ces coups est ce qu'on nomme *un son.* Lorsque ces coups se suivent également les uns les autres, ou que leurs intervalles sont tous égaux, le son est régulier et tel qu'on l'exige dans la musique; mais quand ces coups se succèdent inégalement, ou que leurs intervalles sont inégaux entre eux, il en résulte un bruit irrégulier, tout à fait impropre pour la musique. Quand je considère un peu plus soigneusement les sons de musique, dont les vibrations se font également, je remarque d'abord que lorsque les vibrations, ainsi que les coups dont l'oreille est frappée, sont plus ou moins forts, il n'en résulte d'autre différence dans le son, si ce n'est qu'il devient plus ou moins fort, et c'est la différence que les musiciens indiquent par les mots *forte* et *piano.* Mais une différence beaucoup plus essentielle est, lorsque les vibrations sont plus ou moins rapides, ou qu'il en arrive plus ou moins dans une seconde. Ainsi, quand une corde achève 100 vibrations dans une seconde, et une autre

corde 200 vibrations dans une seconde, leurs sons seront essentiellement différents entre eux : le premier sera plus grave ou plus bas, et l'autre plus aigu ou plus haut. Voilà donc la véritable différence entre les sons graves et aigus, sur laquelle roule toute la musique, qui enseigne à mêler des sons qui diffèrent entre eux par rapport au grave et à l'aigu, mais unis tellement ensemble, qu'il en résulte une agréable harmonie. Or, dans les sons graves il y a moins de vibrations en même temps que dans les sons aigus ; et chaque son sur le clavecin renferme un nombre certain et déterminé de vibrations qui s'achèvent dans une seconde. Ainsi le son qui est marqué par la lettre C (1) rend à peu près 100 vibrations dans une seconde, et le son marqué par la lettre $\overset{\equiv}{c}$ rend 1,600 vibrations dans une seconde. Donc une corde, qui tremble 100 fois dans une seconde, donnera précisément le son C, et si elle ne tremblait que 50 fois, le son serait encore plus bas ou plus grave. Or, à l'égard de nos oreilles, il y a des limites au delà desquelles les sons ne sont plus perceptibles. Il semble que

(1) Euler désigne, selon l'usage allemand, par les lettres

C, D, E, F, G, A, H,

les sons de l'échelle diatonique

ut, ré, mi, fa, sol, la, si.

Il désigne par *c* l'octave du son C, par $\bar{c}$ la double octave, et ainsi de suite. On verra dans la lettre VII, qu'il se sert, pour écrire l'échelle chromatique, des caractères suivants :

C, C*s*, D, D*s*, E, F, F*s*, G, G*s*, A, B, H.
*ut, ut*X, *ré, ré*X, *mi, fa, fa*X, *sol, sol*X, *la, si*♭, *si.*

nous ne saurions plus sentir un son qui fait moins de 20 vibrations dans une seconde, à cause de la trop grande *basse*, ni un son qui ferait dans une seconde plus de 4,000 vibrations, à cause de sa trop grande hauteur.

LETTRE IV.

(29 avril 1760.)

Des Consonnances et des Dissonances.

V. A. vient d'interrompre le fil de mes pensées d'une manière très-gracieuse..................

....

C'est donc avec un cœur rempli de remercîments que je retourne à mon sujet; et ayant remarqué, qu'en entendant un son simple de musique, notre oreille est frappée d'une suite de coups également éloignés entre eux, dont la fréquence ou le nombre produit dans un certain temps cause la différence qui règne entre les sons graves et aigus; en sorte que plus le nombre de vibrations ou coups produits dans un certain temps, comme dans une seconde, est petit, plus le son est estimé grave; et plus ce nombre-là est grand, plus le son est aigu. Donc la sensation d'un son simple de musique peut être comparée avec

une suite de points également éloignés entre eux, comme...................... Si les intervalles entre ces points sont ou plus grands ou plus petits, le son qui en est représenté sera ou plus grave ou plus aigu. Il n'y a point aussi de doute que la sensation d'un son simple ne soit semblable ou analogue à la vue d'une telle suite de points également éloignés entre eux; et par ce moyen on peut représenter aux yeux la même chose que les oreilles sentent en entendant un son. Si les distances entre les points n'étaient pas égales, et que les points fussent rangés confusément, ce serait la représentation d'un bruit confus contraire à l'harmonie. Cela posé, considérons quel effet deux sons, rendus à la fois, doivent produire sur l'oreille; et d'abord, il est clair que si ces deux sons sont égaux, ou que chacun renferme le même nombre de vibrations pour le même temps, l'oreille en sera affectée de la même manière que d'un seul son; et dans la musique on dit que ces deux sons sont à l'unisson, ce qui est le plus simple *accord*, un *accord* étant nommé le mélange de deux ou plusieurs sons qu'on entend à la fois. Mais si les deux sons sont différents par rapport au grave ou à l'aigu, on apercevra un mélange de deux suites de coups, dans chacune desquelles les intervalles sont égaux entre eux, mais dans l'une plus grande que dans l'autre, celles-là répondant au son plus grave, et celles-ci au plus aigu. Un tel mélange ou accord de deux sons peut être représenté aux yeux par deux suites

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
a . . . . b
c . . . . d
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

de points rangés sur deux lignes *ab* et *cd*; et pour avoir une juste idée de ces deux suites, il faut s'apercevoir de l'ordre qui y règne, ou, ce qui revient au même, du rapport entre les intervalles de l'une et de l'autre ligne. Ayant numéroté les points de l'une et de l'autre ligne et mis le n° 1 sous le n° 1, les n°s 2 ne seront plus précisément l'un sous l'autre, et encore moins les n°s 3; mais on voit qu'en haut le nombre 11 se trouve précisément au-dessus du nombre 12 en bas; d'où l'on connaît que le plus haut son achève 12 vibrations, pendant que l'autre n'en fait que 11. Mais sans y écrire les nombres, les yeux n'y découvriraient presque point cet ordre; et il en est de même des oreilles, qui découvriraient aussi difficilement l'ordre parmi les deux sons, que j'ai représentés par les deux rangs de points. Mais dans cette figure

. . . .
. . . . . .

on découvre au premier coup d'œil, que la ligne d'en haut contient deux fois plus de points que celle d'en bas, ou que les intervalles dans la ligne d'en bas sont deux fois plus grands que dans celle d'en haut. C'est sans doute le cas le plus simple après l'unisson, où l'on peut aisément découvrir

l'ordre dans ces deux suites de points ; et il en est de même des deux sons représentés par ces deux lignes de points, dont l'un achèvera précisément deux fois plus de vibrations que l'autre, et l'oreille s'apercevra aisément de ce beau rapport qui se trouve parmi ces deux sons, pendant que dans le cas précédent le jugement est très-difficile, sinon impossible. Maintenant, quand l'oreille découvre aisément un rapport qui règne entre deux sons, leur accord est nommé une *consonnance ;* et quand ce rapport est très-difficile à découvrir ou même impossible, l'accord est nommé *dissonance.* Donc la plus simple consonnance est celle où le son aigu achève précisément deux fois plus de vibrations que le son grave. Cette consonnance est nommée dans la musique une *octave :* tout le monde en connaît la force, et deux sons qui diffèrent précisément d'une octave, *harmonient* si bien et se ressemblent si fort, que les musiciens les marquent par les mêmes lettres. Aussi voyons-nous dans les églises, que les femmes chantent d'une octave plus haut que les hommes, et s'imaginent pourtant entonner les mêmes sons. V. A. s'assurera aisément de cette vérité sur un clavecin, et s'apercevra avec plaisir du bel accord entre tous les sons qui diffèrent d'une octave, pendant que deux autres sons quelconques ne *sonnent* pas si bien.

LETTRE V.

(3 mai 1760.)

De l'Unisson et des Octaves.

V. A. aura déjà remarqué que l'accord que les musiciens nomment une octave, frappe l'oreille d'une manière si marquée, qu'on y découvre aisément la moindre aberration. Ainsi ayant entonné le son marqué F, on y accorde aisément le son *f*, qui est plus haut d'une octave, par le seul jugement de l'oreille; et si la corde du son *f* est tant soit peu trop haute ou trop basse, l'oreille en est d'abord choquée; rien n'est plus aisé que de la mettre parfaitement d'accord. Aussi voyons-nous que tout le monde passe aisément, en chantant, d'un son à un autre qui est d'une octave ou plus haut ou plus bas. Mais s'il faut passer du son F au son *d*, par exemple, un chanteur médiocre se trompera aisément, s'il n'est pas secouru d'un instrument; ayant fixé le son F, il est presque impossible d'y accorder tout d'un coup le son *d*. Quelle est donc la raison de cette différence, qu'il est si aisé d'accorder le son *f* au son F, et si difficile d'y accorder le son *d*? Cette raison est bien évidente par ce que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. dans mes dernières remarques : c'est que le son F et le son *f* font une octave, ou que le nombre des vibrations du son *f* est précisément le double de

celui du son F. Pour apercevoir cet accord, il ne s'agit que de sentir la proportion de un à deux, qui, comme elle saute d'abord aux yeux par la représentation des points dont je me suis servi auparavant, affecte les oreilles d'une manière semblable. Or V. A. comprendra aisément, que plus une proportion est simple ou exprimée par de petits nombres, plus elle se présente distinctement à l'entendement, et y excite un sentiment de plaisir. Les architectes observent aussi très-soigneusement cette maxime, en employant partout dans les bâtiments des proportions aussi simples que les autres circonstances le permettent. Dans les portes et fenêtres ils font ordinairement la hauteur deux fois plus grande que la largeur, et partout ils tâchent d'employer des proportions exprimables en de petits nombres, puisque cela plaît à l'entendement. Il en est donc de même dans la musique, où les accords ne plaisent qu'autant que l'esprit y découvre la proportion qui règne entre les sons, et cette proportion s'aperçoit d'autant plus aisément, qu'elle est exprimée par de petits nombres. Or, après la proportion d'égalité, qui marque deux sons égaux ou à l'unisson, la proportion de deux à un est sans doute la plus simple, et c'est celle qui fournit l'accord d'une octave : de là il est évident que cet accord est doué de beaucoup de prérogatives parmi les autres consonnances. Après cette explication de l'accord ou de l'intervalle entre deux sons, que les musiciens nomment une octave, considérons plusieurs sons,



comme F, f, $\bar{f}$, $\bar{\bar{f}}$, $\bar{\bar{\bar{f}}}$, dont chacun est d'une octave plus haut que le précédent; donc, puisque l'intervalle de F à f, de f à $\bar{f}$, de $\bar{f}$ à $\bar{\bar{f}}$, de $\bar{\bar{f}}$ à $\bar{\bar{\bar{f}}}$ est une octave, l'intervalle de F à $\bar{f}$ sera une double octave, celui de F à $\bar{\bar{f}}$ une triple octave, et celui de F à $\bar{\bar{\bar{f}}}$ une quadruple octave. Or, pendant que le son F rend une vibration, le son f en rend deux, le son $\bar{f}$ quatre, le son $\bar{\bar{f}}$ huit, le son $\bar{\bar{\bar{f}}}$ seize : d'où nous voyons que comme une octave répond 1 à 2, ainsi une double octave répond 1 à 4, une triple octave 1 à 8, et une quadruple à celle de 1 à 16. Or la proportion de 1 à 4 n'étant plus si simple que celle de 1 à 2, puisqu'elle ne saute plus si aisément aux yeux, une double octave ne s'aperçoit pas si aisément qu'une simple octave; une triple octave est encore moins perceptible, et une quadruple octave encore moins. Ainsi, en accordant un clavecin et ayant fixé le son F, il n'est pas si aisé d'y accorder la double octave $\bar{f}$, que la simple f; et il est encore plus difficile d'y accorder la triple octave $\bar{\bar{f}}$ et la quadruple $\bar{\bar{\bar{f}}}$, sans y monter par les octaves intermédiaires. Ces accords sont aussi compris dans le terme de consonnance; et puisque celle de l'unisson est la plus simple, on peut les ranger selon les degrés suivants :

I.er Degré : l'unisson, qui est indiqué par la proportion de 1 à 1.

II. Degré : l'octave continue dans la proportion de 1 à 2.

III. Degré : la double octave dans la proportion de 1 à 4.

IV. Degré : la triple octave dans la proportion de 1 à 8.

V. Degré : la quadruple octave dans la proportion de 1 à 16.

VI. Degré : la quintuple octave dans la proportion de 1 à 32.

Et ainsi de suite, en tant que les sons en sont encore sensibles. Ce sont les accords, ou consonnances, à la connaissance desquelles nous avons été conduits jusqu'ici; et nous ne savons encore rien des autres espèces de consonnances, et encore moins des dissonances dont on fait usage dans la musique. Mais avant de passer à l'explication de celles-ci, je dois ajouter une remarque sur le nom d'octave, qu'on donne à l'intervalle de deux sons, dont l'un fait deux fois plus de vibrations que l'autre. V. A. en voit la raison dans les touches principales du clavecin, qui montent par 7 degrés avant que d'arriver à l'octave, comme C, D, E, F, G, A, H, *c*, de sorte que la touche *c* est la huitième, en comptant C la première. Mais cette division dépend d'une certaine espèce de musique, dont la raison ne saurait être exposée que dans la suite.

LETTRE VI.

(3 mai 1760.)

Des autres Consonnances.

On peut dire que toutes les proportions de 1 à 2, de 1 à 4, de 1 à 8, de 1 à 16, que nous avons considérées jusqu'ici, et qui renferment la nature d'une octave simple ou double, ou triple, ou quadruple, tirent leur origine du seul nombre 2, puisque 4 est deux fois deux, 8 deux fois quatre, et 16 est deux fois huit. Ainsi en n'admettant que le nombre *deux* dans la musique, on ne parvient qu'à la connaissance des accords ou consonnances que les musiciens nomment octave, ou simple, ou double, ou triple; et, puisque le nombre 2 ne fournit par sa réduplication que les nombres 4, 8, 16, 32, 64, l'un étant toujours double de l'autre, tous les autres nombres nous demeurent encore inconnus. Or, si un instrument ne contenait que des octaves, comme les sons marqués C, *c*, $\overline{c}$, $\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$, et que tous les autres en fussent exclus, il ne saurait produire aucune musique agréable, à cause de sa trop grande simplicité. Introduisons donc, outre le nombre 2, encore le nombre 3, et voyons quels accords ou quelles consonnances en résulteront. D'abord la proportion de 1 à 3 nous présente deux sons, dont l'un rend trois fois plus

de vibrations que l'autre en même temps. Cette proportion est sans doute la plus aisée à comprendre, après celle de 1 à 2, et partant elle fournira des consonnances fort belles, mais d'une nature tout à fait différente de celle des octaves. Supposons donc que de la proportion de 1 à 3, le nombre 1 réponde au son C; puisque le son *c* est exprimé par le nombre 2, le nombre 3 nous donne un son plus haut que *c*, mais pourtant plus bas que le son $\bar{c}$ qui répond au nombre 4. Or, le son exprimé par 3 est celui que les musiciens marquent par la lettre *g*, et ils nomment l'intervalle de *c* à *g*, *une quinte*, puisque dans les touches d'un clavecin celle de *g* est la cinquième depuis *c*, comme *c*, *d*, *e*, *f*, *g*. Donc, si le nombre 1 donne le son C, le nombre 2 donne *c*, le nombre 3 donne *g*, le nombre 4 le son $\bar{c}$; et puisque le son $\bar{g}$ est l'octave de *g*, son nombre sera 2 fois 3, et partant 6, et montant encore d'une octave, le son $\bar{\bar{g}}$ sera deux fois plus grand, et partant 12. Tous les sons donc, auxquels les deux nombres 2 et 3 nous conduisent en indiquant le son C par 1, sont : C. *c*. *g*. $\bar{c}$. $\bar{g}$. $\bar{\bar{c}}$. $\bar{\bar{g}}$. $\bar{\bar{\bar{c}}}$
1. 2. 3. 4. 6. 8 12. 16

De là il est clair que la proportion de 1 à 3 exprime un intervalle composé d'une octave et d'une quinte, et que cet intervalle, à cause de la simplicité de ses nombres, doit être, après l'octave, la plus sensible à l'oreille. Aussi les musiciens donnent-ils à la quinte le second rang parmi les con-

sonnances ; et l'oreille en est si agréablement affectée, qu'il est fort aisé d'accorder une quinte. Ainsi sur les violons, les quatre cordes montent par des quintes, la plus basse étant G, la seconde *d*, la troisième *a*, et la quatrième $\bar{e}$; et chaque musicien les met aisément d'accord par l'oreille seule. Cependant une quinte ne s'accorde pas si aisément qu'une octave; mais la quinte au-dessus de l'octave, comme de C à *g*, étant exprimée par la proportion de 1 à 3, est plus sensible qu'une simple quinte, comme de C à G, ou de *c* à *g*, laquelle est exprimée par la proportion de 2 à 3; et l'on sait aussi par l'expérience, qu'ayant fixé le son C, il est plus aisé d'y accorder la quinte supérieure *g*, que la simple G. Si l'unité nous avait marqué le son F, le nombre 3 marquerait le son $\bar{c}$, en sorte que F . *f* . $\bar{c}$. $\bar{f}$. $\bar{\bar{c}}$. $\bar{\bar{f}}$. $\bar{\bar{\bar{c}}}$ seraient marqués par 1 . 2 . 3 . 4 . 6 . 8 . 12, où de *f* à $\bar{c}$ l'intervalle est une quinte contenue dans la proportion de 2 à 3; de $\bar{f}$ à $\bar{\bar{c}}$, de $\bar{\bar{f}}$ à $\bar{\bar{\bar{c}}}$ il y a aussi une quinte, puisque la proportion de 4 à 6 et de 8 à 12 est la même que celle de 2 à 3. Car si deux aunes coûtent 3 écus, 4 aunes coûteront 6, et 8 aunes 12 écus. De là nous arrivons à la connaissance d'un autre intervalle contenu dans la proportion de 3 à 4, qui est de $\bar{c}$ à $\bar{f}$, et partant aussi de *c* à *f*, ou de C à F, que les musiciens nomment une *quarte*, laquelle étant exprimée par de plus grands nombres, il s'en faut beaucoup qu'elle soit si agréable que la quinte, et encore moins que l'octave. Comme le

nombre 3 nous a fourni ces nouveaux accords ou consonnances de la quinte et de la quarte, avant que d'employer d'autres nombres, prenons le nombre 3 encore trois fois, pour avoir le nombre 9, qui donnera un son plus haut que le son 3 ou $\bar{c}$ d'une octave et d'une quinte, où $\bar{\bar{c}}$ est l'octave de $\bar{c}$ et $\bar{\bar{g}}$ la quinte de $\bar{\bar{c}}$; donc le nombre 9 donne le son $\bar{\bar{g}}$, en sorte que $\bar{\bar{c}}$. $\bar{\bar{f}}$. $\bar{\bar{g}}$. $\bar{\bar{\bar{c}}}$, seront marqués par 6, 8, 9, 12, ou prenant ces sons dans les octaves inférieures, les proportions demeurant les mêmes, on aura :

C . F . G . c . f . g . $\bar{c}$. $\bar{f}$. $\bar{g}$. $\bar{\bar{c}}$. $\bar{\bar{f}}$. $\bar{\bar{g}}$. $\bar{\bar{\bar{c}}}$
6 . 8 . 9 . 12 . 16 . 18 . 24 . 32 . 36 . 48 . 64 . 72 . 96

d'où nous parvenons à la connaissance de nouveaux intervalles. Le premier est celui de F à G contenu dans la proportion de 8 à 9, que les musiciens nomment une *seconde*, et aussi un *ton entier*. Le second est de G à f, contenu dans la proportion de 9 à 16, qu'on nomme une *septième*, et qui est d'une seconde ou d'un ton entier plus petit qu'une octave. Ces proportions étant déjà exprimées par des nombres considérablement grands, les intervalles ne sont plus comptés parmi les consonnances, et les musiciens les nomment *dissonances*.

Si nous prenons le nombre 9 encore trois fois, pour avoir 27, ce nombre marquera un ton plus haut que $\bar{c}$, et précisément d'une quinte plus haut que g, ce sera donc le ton $\bar{d}$, et son octave $\bar{\bar{d}}$ répondra au nombre 2 fois 27 ou 54, et la dou-

ble octave $\bar{\bar{\bar{d}}}$ au nombre 2 fois 54 ou 108. Représentons ces tons, de quelques octaves plus bas, de la manière suivante :

C, D, F, G, *c*, *d*, *f*, *g*, $\bar{c}$, $\bar{d}$, $\bar{f}$, $\bar{g}$,
24. 27. 32. 36. 48. 54. 64. 72. 96. 108. 128. 144

$\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{d}}$, $\bar{\bar{f}}$, $\bar{\bar{g}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$,
192. 216. 256. 288. 384,

où nous découvrons que l'intervalle D à F est contenu dans la proportion de 27 à 32, et celui de F à *d* dans la proportion de 32 à 54, ou prenons la moitié de 16 à 27, dont la première est nommée une *tierce mineure*, et l'autre une *sexte majeure*. On pourrait encore tripler le nombre 27; mais la musique ne passe pas si loin, et on se borne au nombre 27 résultant de 3, en le multipliant pour la troisième fois par soi-même; les autres tons de musique, qui nous manquent encore, sont introduits par le nombre 5, que je développerai dans la lettre suivante.

LETTRE VII.

(3 mai 1760.)

Des douze tons du Clavecin.

La matière sur laquelle je prends la liberté d'entretenir V. A. est si sèche, que j'ai lieu de craindre qu'elle ne vous ennuie bientôt; mais pour ne pas employer trop de temps, j'envoie aujourd'hui trois

lettres à la fois, afin de finir, tout d'un coup, ce sujet presque dégoûtant. Mon intention était de mettre sous les yeux de V. A. la véritable origine des sons employés dans la musique, qui est presque absolument inconnue à tous les musiciens; car ce n'est pas la théorie qui les a conduits à la connaissance de tous les tons; ils en sont plutôt redevables à une force cachée de la véritable harmonie, qui a opéré si efficacement sur les oreilles, qu'elles ont pour ainsi dire été forcées de recevoir les tons qui sont actuellement en usage, quoiqu'ils ne soient pas encore bien décidés sur leur juste détermination. Or, les principes de l'harmonie se réduisent enfin à des nombres, comme j'ai eu l'honneur de le faire voir, et j'ai remarqué que le nombre 2 ne fournit que des octaves, en sorte qu'ayant, par exemple, fixé le ton F, nous avons été conduits aux sons f, $\bar{f}$, $\bar{\bar{f}}$, $\bar{\bar{\bar{f}}}$. Ensuite le nombre 3 fournit les tons C, c, $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$, qui diffèrent de ceux-là d'une quinte, et la répétition de ce même nombre 3 fournit encore les quintes des premières, qui sont G, g, $\bar{g}$, $\bar{\bar{g}}$, $\bar{\bar{\bar{g}}}$, et enfin la troisième répétition de ce nombre 3 y ajoute encore les tons D, d, $\bar{d}$, $\bar{\bar{d}}$. Or, les principes de l'harmonie étant attachés à la simplicité, ne semblent pas permettre qu'on pousse plus loin la répétition du nombre 3, et partant, jusqu'ici nous n'avons que les tons suivants pour chaque octave

F	G	c	d	f
16	18	24	27	32,

qui n'admettent pas certainement une musique bien variée. Mais introduisons aussi le nombre 5, et voyons quel sera le ton qui rend 5 vibrations, pendant que le ton F n'en fait qu'une. Or, le ton f fait en même temps 2, et le ton $\bar{f}$ 4, et le ton $\bar{\bar{c}}$, 6. Le ton en question est donc entre $\bar{f}$ et $\bar{\bar{c}}$, et c'est celui que les musiciens indiquent par la lettre $\bar{a}$, dont l'accord avec le ton $\bar{f}$ est nommé une *tierce majeure*, et se trouve faire une consonnance fort agréable, étant contenu dans la proportion de ces assez petits nombres 4 à 5. De plus ce ton $\bar{a}$ avec le ton $\bar{\bar{c}}$ fait un accord contenu dans la proportion de 5 à 6, qui est presque aussi agréable que celui-là, et qu'on nomme aussi une *tierce mineure*, comme celle dont nous avons déjà parlé, contenue entre les nombres 27 et 32; puisque la différence est presque insensible à l'oreille. Ce même nombre 5 étant appliqué aux autres sons G, *c*, *d*, nous donnera de la même manière leurs tierces majeures prises dans la seconde octave au-dessus, c'est-à-dire, les sons, $\bar{h}$ $\bar{\bar{e}}$ et $\bar{\bar{fs}}$, qui étant transportés dans la première octave, nous aurons maintenant ces tons avec leurs nombres

F . F*s* . G . A . H . *c* . *d* . *e* . *f* .
128 . 135 . 144 . 160 . 180 . 192 . 216 . 240 . 256.

Otez les tons F*s*, et vous aurez les touches principales du clavecin qui, selon les anciens, constitue le genre nommé *diatonique*, et qui résulte du nombre 2, du nombre 3 trois fois répété, et

du nombre 5. En n'admettant que ces tons, on est en état de composer de très-belles et très-variées mélodies, dont la beauté est fondée uniquement sur la simplicité des nombres qui ont fourni ces tons. Enfin, en appliquant pour la seconde fois le nombre 5, il fournira les tierces de quatre nouveaux tons A, E, H, F*s*, que nous venons de trouver, et partant, nous aurons les sons C*s*, G*s*, D*s* et B, de sorte qu'à présent l'octave est remplie de 12 tons, précisément les mêmes qui sont reçus dans la musique. Tous ces tons tirent leur origine de ces trois nombres 2, 3 et 5, en *répliquant* 2 autant de fois que les octaves le demandent; mais pour le 3, on ne le *réplique* que 3 fois, et le nombre 5 deux fois seulement. Voilà donc tous les tons de la première octave exprimés par les nombres suivants, où l'on voit la composition de chacun des nombres 2, 3 et 5:

			Différence.
C	2.2.2.2.2.2.2.3...	384	16
C*s*	2.2.2.2.5.5.......	400	32
D	2.2.2.2.3.3.3.....	432	18
D*s*	2.3.3.3.5.........	450	30
E	2.2.2.2.2.3.5.....	480	32
F	2.2.2.2.2.2.2.2.2.	512	28
F*s*	2.2.3.3.3.5.......	540	36
G	2.2.2.2.2.2.3.3...	576	24
G*s*	2.2.2.3.5.5.......	600	40
A	2.2.2.2.2.2.2.5...	640	35
B	3.3.3.5.5.........	675	45
H	2.2.2.2.3.3.5.....	720	48
c	2.2.2.2.2.2.2.2.3.	768	

Pendant que le son C rend 384 vibrations, le son C*s* rend 400 en même temps, et les autres autant que les nombres y joints marquent : ainsi le son *c* rendra en même temps 768, ce qui est précisément le double du nombre 384. Et pour les octaves suivantes, on n'a qu'à multiplier ces nombres par 2, ou par 4, ou par 8. Ainsi, le son $\bar{c}$ rendra 2 fois 768 ou 1536 vibrations, le son $\bar{\bar{c}}$, 2 fois 1536 ou 3072 vibrations, et le son $\bar{\bar{\bar{c}}}$, 2 fois 3072, ou 6144 vibrations. Pour comprendre la formation des sons de ces trois nombres 2, 3 et 5, il faut remarquer que les points mis entre ces nombres signifient la multiplication ; ainsi, pour le ton F*s* l'expression 2.2.3.3.3.5, signifie 2 fois 2 fois 3 fois 3 fois 3 fois 5. Or, 2 fois 2 est 4, et 4 fois 3 est 12, et 12 fois 3 est 36, et 36 fois 3 est 108, et 108 fois 5 est 540. On voit par là que les différences entre ces tons ne sont pas égales entre elles, et que d'autres sont plus grandes et d'autres plus petites ; c'est aussi ce que la véritable harmonie exige. Mais puisque l'inégalité n'est pas considérable, on regarde communément toutes ces différences comme égales, et l'on nomme le saut de chaque ton au suivant un *semi-ton ;* car l'on dit que l'octave est de cette manière divisée en 12 *semi-tons*. Plusieurs musiciens les font aussi actuellement égaux, quoique cela soit contraire aux principes de l'harmonie ; car de cette façon aucune quinte ni aucune tierce n'est juste, et l'effet en est le même que si ces tons n'étaient pas bien accordés. Ils conviennent aussi qu'il

faut renoncer à la justesse de ces accords, pour obtenir l'avantage de l'égalité de tous les semitons, de sorte que la transposition d'un ton à un autre quelconque ne change rien dans les mélodies. Cependant ils avouent eux-mêmes que la même pièce étant jouée du ton C ou d'un demi-ton plus haut Cs, change considérablement de nature, d'où il est clair que tous les demi-tons ne sont pas effectivement égaux, quoique les musiciens s'efforcent de les rendre tels, parce que la véritable harmonie s'oppose à l'exécution de ce dessein qui lui est contraire. Voilà donc la véritable origine des tons qui sont aujourd'hui en usage, et qui sont tirés des nombres 2, 3 et 5. Si l'on voulait encore introduire le nombre 7, le nombre des tons d'une octave deviendrait plus grand, et toute la musique en serait portée à un plus haut degré. Mais c'est ici que la *Mathématique* abandonne l'harmonie à la musique.

LETTRE VIII.

(6 mai 1760.)

Sur les agréments d'une belle Musique.

C'est une question aussi importante que curieuse, pourquoi une belle musique excite en nous le sentiment du plaisir ? Les savants sont bien partagés là-dessus. Il y en a qui prétendent que c'est

une pure bizarrerie, et que le plaisir que cause la musique n'est fondé sur aucune raison, vu que la même musique peut être goûtée par quelques-uns et déplaire à d'autres. Mais bien loin que la question en soit décidée par là, la question en devient plutôt plus compliquée; car on veut savoir la raison pourquoi la même pièce de musique peut produire de si différents effets, puisqu'il faut convenir que rien n'arrive sans raison. D'autres disent que le plaisir qu'on sent en entendant une belle musique, consiste dans la perception de l'ordre qui y règne. Ce sentiment paraît d'abord assez bien fondé, et mérite d'être examiné plus soigneusement. La musique renferme deux espèces d'objets où quelque ordre trouve lieu. L'un se rapporte à la différence des tons, en tant qu'ils sont hauts ou bas, aigus ou graves; et V. A. se souviendra que cette différence est contenue dans le nombre de vibrations que chaque ton rend en même temps. Cette différence qui se trouve entre la vitesse des vibrations de tous les tons, est ce qui est nommé proprement l'*harmonie*. Donc en entendant une musique, lorsqu'on comprend les rapports ou les proportions que les vibrations de tous les tons tiennent entre eux, c'est la production de l'harmonie. Ainsi deux tons qui diffèrent d'une octave excitent le sentiment de la proportion de 1 à 2; une quinte, la proportion de 2 à 3, et une tierce majeure, la proportion de 4 à 5. On comprend donc l'ordre qui se trouve dans quelque harmonie, quand on connaît toutes les proportions qui rè-

gnent entre les tons dont l'harmonie est composée; et c'est le jugement des oreilles qui conduit à cette connaissance. Ce jugement étant plus ou moins fin, il est clair pourquoi la même harmonie est aperçue par l'un et pas du tout par l'autre, surtout quand les proportions entre les tons sont exprimées par des nombres un peu grands. Mais la musique renferme, outre l'harmonie, encore un autre objet susceptible d'ordre, qui est la mesure, par laquelle on assigne à chaque ton une certaine durée, et la perception de la mesure consiste dans la connaissance de la durée de tous les tons et des proportions qui en naissent, comme si un ton dure deux fois, trois fois ou quatre fois plus qu'un autre. Le tambour et la timbale nous fournissent une musique où la seule mesure a lieu, puisque tous les tons sont égaux entre eux, et là il n'y a point d'harmonie; comme il y a aussi une musique où la seule harmonie a lieu, à l'exclusion de la mesure. Une telle musique est le *Choral*, où tous les tons sont d'une même durée; or une musique parfaite contient et l'harmonie et la mesure. Maintenant, qui entend une musique, et qui comprend, par le jugement de ses oreilles, toutes les proportions sur lesquelles tant l'harmonie que la mesure est fondée, il est certain qu'il a la plus parfaite connaissance de cette musique qu'il soit possible; pendant qu'un autre qui n'aperçoit ces proportions qu'en partie ou point du tout, n'y comprend rien, ou en a une connaissance imparfaite; mais le plaisir sur lequel roule notre ques-

tion, est encore bien différent de cette connaissance dont je viens de parler, quoiqu'on puisse soutenir hardiment qu'une musique ne saurait produire du plaisir, à moins qu'on n'en ait une connaissance; car la seule connaissance de toutes les proportions qui règnent dans une musique, tant à l'égard de l'harmonie que de la mesure, ne suffit pas encore pour exciter le sentiment du plaisir; il y faut quelque chose de plus, que personne n'a pas encore développé. Pour se convaincre que la seule perception de toutes les proportions d'une musique n'est pas suffisante, on n'a qu'à considérer une musique fort simple, qui ne marche que par des octaves, où la perception des proportions est certainement la plus aisée; cependant il s'en faut beaucoup que cette musique cause du plaisir, quoiqu'on en ait la plus parfaite connaissance. On dit donc que le plaisir demande une connaissance qui ne soit pas trop facile, mais qui exige quelque peine; il faut, pour ainsi dire, que cette connaissance nous coûte quelque chose; mais, à mon avis, cela ne suffit pas encore. Une dissonance dont la proportion consiste en de plus grands nombres, est plus difficile à être comprise; cependant une suite de dissonances mises sans choix et sans dessein ne plaira pas. Il faut donc que le compositeur ait suivi, dans la composition, un certain plan ou dessein qu'il ait exécuté par des proportions réelles et perceptibles; et alors, lorsqu'un connaisseur entend cette pièce, et qu'outre les proportions il en comprend le plan et le des-

sein même que le compositeur a eu en vue, il sentira cette satisfaction, qui est ce plaisir dont une belle musique frappe les oreilles intelligentes. Ce plaisir vient donc de ce qu'on devine pour ainsi dire les vues et les sentiments du compositeur, dont l'exécution, en tant qu'on la juge heureuse, remplit l'esprit d'une agréable satisfaction. C'est à peu près une semblable satisfaction qu'on ressent en voyant une belle pantomime, où l'on peut deviner, par les gestes et les actions, les sentiments et les discours qui en sont représentés, et qui exécutent outre cela un beau dessein. Cette énigme du Ramoneur (1), qui a tant plu à V. A., me fournit aussi une belle *instance*. Dès qu'on en devine le sens, et qu'on reconnaît qu'il est parfaitement exprimé dans la proposition de l'énigme, on en ressent un grand plaisir; au lieu que les énigmes plates et mal dirigées n'en causent aucun. Voilà, à mon avis, les vrais principes sur lesquels sont fondés tous les jugements sur la beauté des

(1) Voici cette énigme, oubliée maintenant, et qui est du poëte Lamotte :

« J'ai vu, j'en suis témoin croyable,
Un jeune enfant armé d'un fer vainqueur,
Le bandeau sur les yeux tenter l'assaut d'un cœur
Aussi peu sensible qu'aimable.
Bientôt après, le front élevé dans les airs,
L'enfant tout fier de sa victoire,
D'une voix triomphante en célébrait la gloire,
Et semblait pour témoin vouloir tout l'univers.
Quel est donc cet enfant dont j'admirai l'audace?
Ce n'était pas l'Amour, cela vous embarrasse. »

pièces de musique; mais ce n'est que l'avis d'un homme qui n'en entend rien du tout, et qui par conséquent doit être honteux d'avoir osé entretenir V. A. sur ce sujet.

LETTRE IX.

(10 mai 1760.)

Sur la compression de l'Air.

L'explication du son, que j'ai eu l'honneur de présenter à V. A., me conduit à une considération plus particulière de l'air, qui étant susceptible d'un semblable mouvement de vibration que celui dont les corps sonores, comme les cordes, cloches, etc., sont agités, en transmet l'ébranlement jusqu'à nos oreilles. On demande donc ce que c'est que l'air? On ne s'aperçoit pas d'abord que ce soit une matière. Il semble que l'espace qui nous environne, en tant que nous n'y voyons point de corps sensibles, ne contienne aucune matière, puisque nous n'y sentons rien, et que nous pouvons marcher et mouvoir nos membres à travers, sans rencontrer le moindre obstacle; mais on n'a qu'à frapper bien vite la main, pour sentir quelque résistance, et on s'apercevra même d'un vent causé par un tel mouvement rapide. Aussi le vent n'est autre chose que l'air mis en mouvement; et puisque le vent est capable de produire des effets si surprenants, qui

pourrait douter que l'air ne soit une matière, et partant aussi un corps? car corps et matière signifient la même chose. On distingue les corps en deux espèces, les *solides* et les *fluides;* et il est évident que l'air doit être rapporté dans la classe des fluides. Il a plusieurs propriétés communes avec l'eau, mais il est beaucoup plus subtil et plus délié. On a conclu par des expériences, que l'air est environ 800 fois plus subtil et plus rare que l'eau; ou bien, que si l'air devenait 800 fois plus épais qu'il n'est actuellement, il obtiendrait la même consistance que l'eau. Or, une propriété principale de l'air, par laquelle il se distingue des autres matières fluides, est, qu'il se laisse comprimer ou réduire dans un moindre espace (1); ce qu'on prouve par cette expérience. On prend un tuyau de métal ou de verre ABCD (*fig.* 2), bien fermé par le bout AB, et ouvert par l'autre, où l'on fait entrer un piston qui remplit exactement la cavité du tuyau. Alors on pousse ce piston en dedans, et quand il sera parvenu jusqu'au milieu E, l'air qui occupait au commencement la cavité ABCD, sera pour lors ré-

(1) On distingue, parmi les fluides, les liquides et les gaz. Tous les gaz se compriment, comme l'air atmosphérique, suivant la loi de Mariotte, c'est-à-dire, de manière que le volume du gaz soit en raison inverse de la pression qu'il supporte, ainsi que cela est expliqué dans le texte. Il en est de même des vapeurs, tant qu'elles ne saturent pas l'espace qui les contient. Les liquides ne sont pas rigoureusement incompressibles, mais il faut employer de très-grandes forces pour les comprimer d'une très-petite partie de leur volume.

duit à la moitié, et sera par conséquent deux fois plus dense. Si l'on pousse le piston encore plus loin, jusqu'au milieu F, entre B et E, l'air sera réduit dans un espace quatre fois plus petit; et si l'on continuait de pousser le piston jusqu'à G, de sorte que BG fût la moitié de BF, ou la huitième partie de la longueur entière BD, le même air qui était répandu au commencement par toute la cavité du tuyau, serait alors réduit dans un espace huit fois plus petit. Si l'on continuait de cette manière à le réduire jusque dans un espace 800 fois plus petit, on obtiendrait un air 800 fois plus dense ou plus épais que l'air ordinaire. Il serait donc aussi dense et aussi épais que l'eau, ce qu'on est en état de prouver par d'autres expériences. Par là on reconnaît que l'air est une matière fluide qui se laisse comprimer, ce qui signifie la même chose que de le réduire dans un moindre espace; et c'est à cet égard que l'air est une matière tout à fait différente de l'eau. Car si on remplissait d'eau le tuyau ABCD, et qu'on y mît le piston, il serait impossible de le faire entrer plus avant. Quelque force même qu'on employât, on n'avancerait absolument rien, et on ferait plutôt crever le tuyau, que de réduire l'eau dans un espace tant soit peu plus petit. Voilà donc une différence essentielle entre l'air et l'eau, c'est que l'eau n'est susceptible d'aucune compression, au lieu que l'air peut être comprimé autant qu'on veut. Or, plus on comprime l'air, plus il devient dense ou épais; ainsi l'air qui a occupé un certain espace, quand il est réduit ou

comprimé dans un espace deux fois plus petit, devient deux fois plus dense; quand il est comprimé dans un espace 10 fois plus petit, il devient 10 fois plus dense, et ainsi de suite. J'ai déjà remarqué que s'il devenait 800 fois plus dense, il aurait la même densité que l'eau et serait aussi pesant, car la pesanteur croît en même raison que la densité. L'or est le corps le plus pesant que nous connaissions, et partant, aussi le plus dense (1). On a trouvé qu'il est 19 fois plus pesant que l'eau, et qu'une masse d'or en forme d'un cube dont la longueur, largeur et hauteur serait chacune d'un pied, pèserait 19 fois plus qu'une semblable masse d'eau. Or cette masse d'eau pèse 70 livres; donc ladite masse d'or pèserait 19 fois 70, c'est-à-dire 1 330 livres. Donc, si l'on pouvait comprimer l'air jusqu'à ce qu'il fût réduit dans un espace 19 fois 800, c'est-à-dire 15 200 fois plus petit, il deviendrait aussi dense et aussi pesant que l'or. Mais il s'en faut beaucoup qu'on puisse pousser si loin la compression de l'air. D'abord on peut bien faire avancer le piston sans peine, mais plus il est avancé, plus on rencontre de peine à le pousser plus loin; et avant qu'on puisse parvenir à réduire l'air à un espace 10 fois plus petit, il faut employer tant de forces pour pousser plus loin le piston, que le tuyau

(1) Il faut en excepter le platine, découvert en 1741, et dont la densité est environ 19,5 (celle de l'eau étant prise pour unité), tandis que la densité de l'or est environ 19,3. Voyez la table publiée dans l'*Annuaire* du bureau des longitudes.

en crèverait, à moins qu'il ne soit très-fort. Or, non-seulement il faudrait autant de forces pour pousser plus loin le piston, mais il en faudrait autant pour le maintenir, et dès qu'on le relâcherait, l'air comprimé le repousserait en arrière. Plus l'air est comprimé, et plus il fait d'efforts pour se répandre et pour se rétablir dans son état naturel. C'est ce qu'on nomme le *ressort* ou l'*élasticité* de l'air; ce dont je me propose d'entretenir V. A. l'ordinaire prochain.

LETTRE X.

(14 mai 1760.)

Sur la raréfaction et sur l'élasticité de l'Air.

V. A. vient de voir que l'air est une matière fluide environ 800 fois plus subtile que l'eau; de sorte que si l'eau pouvait être répandue dans un espace autant de fois plus grand, et qu'elle devînt par conséquent autant de fois plus subtile, elle serait assez semblable à l'air que nous respirons. Mais l'air a une propriété qui ne convient nullement à l'eau; c'est que l'air se laisse comprimer dans un espace plus petit, d'où il devient plus condensé, comme j'ai eu l'honneur de le prouver l'ordinaire passé. Or nous découvrons dans l'air encore une autre propriété qui n'est pas moins remarquable; on le peut répandre dans un plus grand espace, et le ren-

dre par ce moyen encore plus subtil. Cette opération est nommée *la raréfaction de l'air*, par laquelle il devient plus rare ou plus raréfié. On n'a qu'à prendre, comme auparavant, un tuyau ABCD (*fig.* 3) au fond duquel AC il y a un petit trou O, afin qu'en faisant entrer le piston jusqu'à F, l'air puisse s'échapper par le trou, et qu'il ne devienne point condensé. L'air qui occupe maintenant la cavité ACEF sera donc dans son état naturel, et alors on bouchera bien le trou O. Ensuite on retire le piston, et l'air se répandra successivement dans un plus grand espace, de sorte que, lorsque le piston aura été retiré jusqu'à G, l'espace CG étant le double de l'espace CF, le même air, qui était contenu dans l'espace ACEF, remplira à présent un espace 2 fois plus grand; il sera donc 2 fois moins dense, ou bien 2 fois plus rare. Quand on retire le piston jusqu'en H, de sorte que l'espace CH soit 4 fois plus grand que CF, l'air deviendra 4 fois plus rare qu'il n'était au commencement, étant à présent répandu dans un espace 4 fois plus grand. Et quand même on retirerait le piston si loin, que l'espace devînt 1 000 fois plus grand, l'air se répandrait toujours également par cet espace, et deviendrait partout 1 000 fois plus rare. C'est ici que l'air diffère aussi essentiellement de l'eau; car si la cavité ACEF était remplie d'eau, on aurait beau retirer le piston, l'eau occuperait toujours le même espace qu'au commencement, et le reste demeurerait vide (1).

(1) Abstraction faite de la vapeur d'eau qui se produit, à mesure qu'on fait le vide.

De là nous apprenons que l'air est doué d'une force intrinsèque de se répandre de plus en plus, qu'il exerce non-seulement quand il est condensé, mais aussi quand il est raréfié. En quelque état de condensation ou de raréfaction que l'air se trouve, il fait des efforts pour s'étendre dans un plus grand espace, et il se répand actuellement aussitôt qu'il ne rencontre point d'obstacle. Cette force de se répandre est ce qu'on nomme le *ressort* ou *l'élasticité de l'air*, et on a trouvé par de semblables expériences dont je viens de parler, que cette force est proportionnelle à la densité; c'est-à-dire que plus l'air est condensé, plus il fait d'efforts pour s'étendre; et plus il est raréfié, moins il en fait. On me demandera peut-être pourquoi l'air qui se trouve maintenant dans ma chambre ne s'échappe-t-il pas par la porte, attendu qu'il est doué d'une force de s'étendre par un plus grand espace? V. A. y répondra sans doute que cela arriverait infailliblement, si l'air de dehors ne faisait des efforts aussi grands pour s'étendre; or, puisque ces efforts, avec lesquels l'air de la chambre voudrait sortir et celui de dehors entrer, sont égaux, ils se détruisent mutuellement l'un l'autre, et l'un et l'autre air demeure en repos. Or, si l'air du dehors eût acquis, par quelques accidents, une plus grande densité, et partant aussi une plus grande élasticité, il en entrerait une partie dans la chambre, où l'air étant comprimé, acquerrait aussi une plus grande élasticité; cela durera jusqu'à ce que l'élasticité de l'air de dedans devienne égale à celle de dehors. De la

même manière, si l'air de la chambre devenait subitement plus dense, et son élasticité plus grande que l'air de dehors, alors l'air de la chambre sortirait, et en perdant sa densité, il perdrait autant de son élasticité, jusqu'à ce qu'il parvienne au degré de l'air de dehors; alors le mouvement cesserait, et l'air de la chambre serait en équilibre avec celui de dehors. Donc aussi dans l'air libre, l'air ne sera tranquille qu'en tant qu'il a le même degré d'élasticité avec celui des contrées des environs, et aussitôt que l'air d'une contrée devient plus ou moins élastique que dans le voisinage, l'équilibre ne saurait plus subsister; mais où l'élasticité est plus grande, l'air s'étendra et se glissera dans les lieux où l'élasticité est plus petite, et c'est d'un tel mouvement de l'air que résulte le vent. De là vient que dans le même endroit l'élasticité de l'air est tantôt plus grande, tantôt plus petite, et cette variation est indiquée par un instrument qu'on nomme *Baromètre*, dont la description mérite une explication particulière. Pour à présent, je me borne à cette qualité de l'air dont il est condensé et raréfié, en remarquant, que plus il est condensé, plus il a de force pour s'étendre, ou bien son élasticité devient plus grande; et au contraire, plus on le raréfie, plus il perd de son élasticité. Les physiciens ont inventé une machine par laquelle on peut tant condenser que raréfier l'air, qu'on nomme la *Machine pneumatique*. Elle sert à faire plusieurs expériences tout à fait surprenantes, dont la plupart seront déjà connues à V. A. Je me réserve de ne parler

que de quelques-unes, en tant qu'elles sont nécessaires à éclaircir et expliquer la nature et les propriétés de l'air, qui, contribuant principalement à notre conservation, et même à la production de tous nos besoins que la terre fournit, mérite bien qu'on s'en forme une juste idée.

LETTRE XI.

(17 mai 1760.)

Sur la pesanteur de l'Air.

Ayant eu l'honneur de faire voir à V. A. que l'air est une matière fluide, douée de cette propriété tout à fait singulière, qu'il se laisse comprimer dans un moindre espace, et qu'il se dilate dans un plus grand, les obstacles étant levés; de sorte que l'air est susceptible, tant de condensation que de raréfaction. Cette propriété est comprise dans les termes de ressort ou d'élasticité qu'on attribue à l'air, puisqu'elle est semblable à celle d'un ressort qui se laisse resserrer, et qui se débande derechef, les obstacles étant ôtés; mais outre cela, l'air a aussi une propriété qui lui est commune avec tous les corps en général, c'est la gravité ou la pesanteur, par laquelle tous les corps ont un penchant de tomber en bas, et qui les fait descendre actuellement, lorsqu'il n'y a rien qui les soutienne. Les savants sont partagés et incertains

sur la véritable cause de cette force; mais il est certain que cette force existe actuellement. Nous en sommes convaincus par l'expérience journalière. Nous en connaissons même la quantité, et nous sommes en état de la mesurer très-exactement. Car le poids d'un corps n'est autre chose que la force qui le pousse en bas; et puisqu'on peut connaître et mesurer exactement le poids de chaque corps, nous connaissons parfaitement l'effet de la gravité, quoique la cause, ou cette force invisible qui agit sur tous les corps pour les pousser en bas, nous soit absolument inconnue. Par là nous savons, que plus un corps contient de matière, plus il est pesant. Ainsi l'or et le plomb sont plus pesants que le bois, ou une plume, puisqu'ils renferment plus de matière dans le même volume ou la même étendue. Donc, parce que l'air est une matière si subtile et si déliée, son poids et sa pesanteur est aussi si petite qu'elle échappe communément à nos sens; cependant il y a des expériences qui nous en convainquent indubitablement. V. A. a vu qu'on peut raréfier l'air dans un vaisseau, ou dans un tuyau; et par le moyen de la machine pneumatique, on peut pousser la chose si loin, que l'air en est tout à fait enlevé, et que la cavité du vaisseau devient tout à fait vide : ou bien on prend un tuyau ABCD (*fig.* 4), dans lequel on met d'abord le piston, en sorte qu'il touche parfaitement le fond, et qu'il n'y reste point d'air entre le fond et le piston. Pour y mieux réussir, il est bon qu'il y ait dans le fond un petit trou G, par

lequel l'air puisse sortir pendant qu'on pousse le piston jusqu'au fond; et alors on bouche le trou par un bouchon, pour être d'autant plus sûr qu'il n'y a point d'air caché ou comprimé entre le fond et le piston. Après cette préparation on retire le piston, et puisque l'air de dehors ne saurait pénétrer par le tuyau, on aura un parfait vide dans le tuyau, entre le fond et le piston, qu'on peut rendre, en tirant le piston de plus en plus, aussi grand qu'on voudra. Par un tel moyen on peut vider d'air la cavité d'un vaisseau, et quand on pèse un tel vaisseau vide d'air sur une bonne balance, on trouve qu'il pèse moins que s'il était rempli d'air; d'où l'on tire cette conclusion fort importante, que l'air contenu dans le creux d'un vaisseau en augmente le poids, et partant, que l'air lui-même a un poids. Si la cavité du vaisseau est si grande qu'elle peut contenir 800 livres d'eau, on trouve, par ce moyen, que l'air qui remplit la même cavité, pèse environ une livre; d'où l'on conclut que l'air est environ 800 fois moins pesant que l'eau. Cela doit s'entendre de l'air ordinaire qui nous environne et que nous respirons; car V. A. sait que par l'art on peut comprimer l'air, en le forçant dans un moindre espace, et par ce moyen il acquiert d'autant plus de pesanteur. Si le vaisseau dont j'ai parlé ci-dessus, qui pourrait contenir 800 livres d'eau, était rempli d'un air deux fois plus comprimé que l'air ordinaire, il pèserait deux livres plus que s'il était vide. S'il était rempli d'un air 800 fois plus comprimé que l'ordinaire, il pè-

serait 800 livres plus que s'il était vide, ou bien il pèserait autant que s'il était rempli d'eau. Puis donc que l'air est un corps pesant, quoique dans son état naturel sa pesanteur soit très-petite, il est doué d'une force de descendre, et par là il presse ou pèse sur les corps qui se trouvent au-dessous, et qui empêchent sa descente. C'est par cette raison que l'air supérieur pèse sur l'inférieur, et celui-ci se trouve dans un état de compression, par le poids de toute la masse d'air qui est au-dessus. De là vient que l'air dans notre région a un certain degré de compression ou de densité, auquel il est réduit par le poids de l'air supérieur; et si l'air supérieur était plus ou moins pesant, notre air en deviendrait aussi plus ou moins comprimé. C'est ainsi que l'air en bas soutient le poids de l'air supérieur, et partant, plus nous montons en haut, sur une tour ou montagne, plus l'air perd de sa densité et devient plus rare; et en montant toujours plus haut s'il était possible, l'air se perdrait enfin tout à fait, ou deviendrait si subtil et si rare, qu'on ne s'en apercevrait plus. Au contraire, quand on descend dans une cave fort profonde, la densité de l'air augmente de plus en plus, puisqu'il y a une plus grande quantité d'air au-dessus. Si l'on faisait un trou jusqu'au centre de la terre, la densité de l'air augmenterait de plus en plus, jusqu'à acquérir celle de l'eau, et enfin celle de l'or.

LETTRE XII.

(20 mai 1760.)

De l'Atmosphère et du Baromètre.

Ayant fait voir que l'air est une matière fluide, compressible et pesante, je remarque que toute la terre est environnée de toute part d'un tel air qu'on nomme l'*atmosphère*. Aussi est-il impossible qu'aucune contrée de la terre soit dépourvue d'air, et qu'il ne s'y trouve au-dessus rien du tout, ou qu'il y ait un vide parfait; car l'air des régions voisines étant comprimé par le poids de l'air du dessus, et faisant par conséquent des efforts continuels pour se dilater, se répandrait subitement par ladite contrée, et remplirait l'espace vide. Ainsi l'atmosphère remplit tout l'espace autour de la terre, et partout l'air d'en bas soutenant le poids de celui qui est au-dessus, en est comprimé. Or, en comprimant l'air, son élasticité augmente, et chaque degré de compression renferme un certain degré d'élasticité par lequel l'air fait des efforts pour se répandre. Donc l'air est toujours comprimé par le poids de celui qui est au-dessus, jusqu'à ce degré précisément, que son élasticité devienne égale à la force qui le comprime. Alors, quoique cet air ne soit comprimé que d'en haut, en vertu de son élasticité, il fait des efforts pour se répandre en tous sens, non-

seulement en bas, mais aussi vers les côtés; c'est la raison aussi, que l'air dans une chambre est aussi comprimé que celui de dehors, ce qui a paru fort paradoxe à quelques philosophes. Car, disent-ils, dans une chambre, l'air qui est en bas n'est comprimé que de l'air qui se trouve au-dessus dans la chambre, pendant que l'air de dehors est comprimé par le poids de l'atmosphère entière, dont la hauteur est presque immense. Mais ce doute est d'abord résolu par cette propriété de l'air, qui, étant comprimé, tâche de se relâcher en tous sens, et l'air de la chambre est d'abord réduit par l'air extérieur, au même degré de compression et d'élasticité. Ainsi, soit que nous nous trouvions dans une chambre ou dehors, nous éprouvons la même compression de l'air, bien entendu que ce soit à la même hauteur ou à la même distance du centre de la terre. Car j'ai déjà remarqué qu'en montant sur une haute tour ou montagne, la compression de l'air est plus petite, puisque le poids de l'air qui est au-dessus, est alors plus petit. Plusieurs phénomènes nous confirment indubitablement cet état de compression de l'air. Quand on prend un tuyau AB (*fig.* 5), fermé par le bout A, et que l'ayant rempli d'eau, ou d'une autre matière fluide, on le renverse, en sorte que le bout ouvert B vienne en bas, il ne s'en découle rien. L'élasticité, ou la compression de l'air qui pousse le fluide en B, soutient le fluide dans le tuyau. Mais dès qu'on perce le tuyau en A, le fluide tombe d'abord; c'est que l'air agit alors aussi d'en haut par sa pression sur l'eau,

et la pousse en bas : d'où l'on comprend que tant que le tuyau est fermé en haut, c'est la force de l'air externe qui y soutient l'eau. Or, si l'on met ce tuyau dans un vaisseau d'où l'on a tiré l'air par la machine pneumatique, aussitôt l'eau tombe. Les anciens, à qui cette propriété de l'air était inconnue, ont dit que la nature soutient le fluide dans le tuyau, par la peur et même l'horreur que la nature a pour le vide. Car, disent-ils, si le fluide descendait, il y aurait en haut du tuyau un vide, puisque l'air ne trouverait pas un passage pour y entrer. Aussi, selon eux, c'était la peur du vide qui empêchait le fluide de tomber en bas. Or, à présent il est certain que c'est la force de l'air qui soutient le poids du fluide dans le tuyau ; et puisque cette force a une quantité déterminée, cet effet ne saurait surpasser un certain terme. On a trouvé que si le tuyau AB, étant rempli d'eau, est plus long que 33 pieds, l'eau n'y demeure plus suspendue ; mais il s'en découle tant, qu'il n'en reste dans le tuyau que jusqu'à la hauteur de 33 pieds ; et puisque la même force soutient le poids de toute l'atmosphère, on en conclut que l'atmosphère pèse autant qu'une colonne d'eau de 33 pieds de hauteur. Si au lieu d'eau, on prend du mercure qui est 14 fois plus pesant, la force de l'air n'est capable de le soutenir dans le tuyau qu'à la hauteur de 28 pouces environ ; et si le tuyau est plus haut, le mercure y descend jusqu'à ce que sa hauteur convienne à la pression de l'atmosphère, en laissant au-dessus dans le tuyau un espace vide.

Un tel tuyau, bouché en haut et ouvert en bas, étant rempli de mercure, fournit cet instrument qu'on nomme *baromètre;* et c'est par là qu'on a connu que l'atmosphère n'est pas toujours également pesante. Car on connaît sa véritable pesanteur par la hauteur du mercure dans le baromètre, laquelle devenant ou plus grande ou plus petite, indique que l'air ou l'atmosphère est devenu ou plus pesant, ou moins pesant. C'est la véritable indication du baromètre, et toutes les fois qu'il monte ou descend, c'est une marque certaine que le poids ou la pression de l'atmosphère augmente ou diminue; c'est ce que je m'étais proposé de présenter à V. A.

LETTRE XIII.

(24 mai 1760.)

Des Fusils à vent, et sur l'état de compression de l'air dans la poudre à canon.

Ayant expliqué à V. A. cette singulière propriété de l'air, par laquelle il se laisse forcer dans un plus petit espace, ce qu'on nomme la *condensation de l'air*, on est en état de rendre raison de plusieurs productions tant de la nature que de l'art. Je commencerai à expliquer les fusils à vent, ne doutant point que cet instrument ne soit bien connu à V. A. La construction est à peu près sem-

blable à celle des fusils ordinaires; mais au lieu de la poudre, on se sert d'un air condensé pour tirer la balle. Pour entendre cette manœuvre, il faut remarquer que pour condenser l'air, il faut employer une force d'autant plus grande, que doit être plus grande la condensation. Or l'air étant condensé, il fait des efforts pour se relâcher, et ces efforts sont précisément égaux à la force requise pour le condenser à ce point. Donc plus l'air est condensé, plus aussi est grand son effort pour se relâcher; et si l'air est réduit à une densité deux fois plus grande qu'à l'ordinaire, ce qui arrive lorsqu'on pousse l'air dans un espace deux fois plus petit, la force avec laquelle il tâche de se relâcher, est égale à la pression d'une colonne d'eau de la hauteur de 33 pieds. Ou, V. A. n'a qu'à se représenter un grand tonneau de cette hauteur, rempli d'eau, et l'eau fera sans doute de grands efforts sur le fond : si l'on y faisait un trou, l'eau sortirait avec une grande force; si l'on voulait boucher ce trou avec le doigt, on sentirait bien cette force de l'eau, et le fond du tonneau soutient partout une semblable force. Or un vaisseau qui contient un air deux fois plus dense qu'à l'ordinaire, éprouvera précisément une force égale; et à moins qu'il ne soit assez fort pour soutenir cette force, il en crèvera. Il faut donc que les parois de ce vaisseau soient aussi fortes que le fond dudit tonneau. Si l'air dans ce vaisseau était trois fois plus dense qu'à l'ordinaire, sa force serait encore une fois plus grande, et la même

que le fond du tonneau de 66 pieds de hauteur soutiendrait étant rempli d'eau. V. A. comprendra aisément que cette force sera très-grande, et elle croît encore selon la même règle, si l'air est condensé 4 fois, 5 fois ou plus, qu'à l'ordinaire. Cela posé, il y a au fond d'un fusil à vent une cavité bien fermée de toutes parts, dans laquelle on force de plus en plus l'air, pour l'y réduire à un aussi haut degré de densité que les forces qu'on emploie en sont capables, et par ce moyen l'air renfermé dans cette cavité acquerra une terrible force pour échapper, et quand on y fait un trou, il en échappera actuellement avec cette force. Un tel trou s'y trouve effectivement, qui aboutit dans la cavité du tuyau où l'on met la balle. Ce trou est bien bouché; mais quand on veut tirer, on fait un certain mouvement par lequel le trou s'ouvre pour un moment, et l'air s'échappant, pousse la balle en avant avec cette grande force avec laquelle nous la voyons sortir. Chaque fois qu'on tire, ce trou ne demeure ouvert qu'un instant, et partant il ne s'en échappe qu'une petite quantité d'air, et il en reste encore assez pour tirer plusieurs fois. Mais chaque fois la densité de l'air, et, partant aussi, sa force diminue, ce qui est la raison que les coups suivants sont moins forts que les premiers, et que leur force se perd entièrement. Si le trou mentionné demeurait plus longtemps ouvert, il s'en échapperait plus de vent, et pour la plupart inutilement, car cette force n'agit sur la balle que tant qu'elle se

trouve dans le tuyau du fusil; dès qu'elle est sortie, il est inutile que le trou soit encore ouvert. De là on comprendra aisément que si l'on pouvait pousser la condensation de l'air beaucoup plus loin, on pourrait, par des fusils à vent, produire les mêmes effets que par les fusils ordinaires et les canons. En effet aussi, l'effet de l'artillerie est fondé sur le même principe. La poudre à canon n'est autre chose qu'une matière qui contient dans ses pores un air extrêmement condensé. C'est la nature même qui y a fait les mêmes opérations que nous faisons en comprimant l'air; mais la nature y a porté la condensation à un bien plus haut degré. Il s'agit seulement d'ouvrir ces petites cavités où cet air condensé est renfermé, pour lui procurer la liberté d'échapper. Or cela se fait par le moyen du feu qui brise ces petites cavités (1), et cet air enfermé échappe subitement avec la plus grande force, et pousse les balles et les boulets d'une manière tout à fait semblable à celle que nous avons vue dans les fusils à vent, mais avec beaucoup plus de force. Voilà donc deux effets bien surprenants, qui tirent leur origine de la condensation de l'air, avec la seule différence, que dans l'un la condensation a été exécutée par

(1) En réalité les gaz n'existent pas tout formés, ils se produisent dans l'acte même de la combustion de la poudre; mais cela ne change rien au fond de l'explication de l'auteur. Comme ils se trouvent, à l'état de *gaz naissants*, renfermés dans un très-petit espace, ils ont une force de détente très-considérable, à laquelle sont dus les effets mécaniques de l'explosion.

l'art, et dans l'autre par la nature même. Or on voit ici, comme partout, que les opérations de la nature sont infiniment supérieures à celles que l'adresse humaine est capable de produire; et partout nous trouvons les sujets les plus éclatants d'admirer la puissance et la sagesse de l'auteur de la nature.

LETTRE XIV.

(27 mai 1760.)

Sur l'effet que la chaleur et le froid produisent dans tous les corps, et sur les Pyromètres et Thermomètres.

Outre les qualités de l'air, que j'ai eu l'honneur d'exposer à V. A., il en a encore une fort remarquable qui lui est commune avec tous les corps, sans même en excepter les solides; c'est le changement que le froid et le chaud y produisent. On observe généralement que tous les corps étant chauffés deviennent plus grands. Une barre de fer, lorsqu'elle est fort chaude, est un peu plus longue et plus épaisse que lorsqu'elle est froide. On a un instrument nommé *pyromètre*, qui est construit en sorte qu'il indique sensiblement les plus petits allongements ou raccourcissements que souffre une barre qu'on y applique. V. A. sait que dans une montre quelques roues marchent fort lentement, pendant que le mouvement des

autres est fort rapide, quoiqu'il soit néanmoins produit par le mouvement lent des premières. C'est ainsi que, par une espèce d'horlogerie, on peut faire que d'un changement presque insensible il en résulte un qui soit très-considérable, et c'est ce qu'on pratique dans cet instrument nommé *pyromètre* dont je viens de parler. En y posant une barre de fer ou de quelque autre matière que ce soit, lorsqu'elle devient tant soit peu plus longue ou plus courte, il y a un indice, comme dans une montre, qui en est poussé à parcourir un espace très-considérable : quand on applique sur cet instrument une barre de fer, ou d'une autre matière, et qu'on place au-dessous une lampe pour la chauffer, l'indice est d'abord mis en mouvement, et montre que la barre devient plus longue; et plus la chaleur augmente, plus aussi la barre croît en longueur; mais lorsqu'on éteint la lampe, et qu'on laisse refroidir la barre, l'indice se meut en sens contraire, et marque par là que la barre redevient plus courte. Cependant ce changement est si petit, qu'on aurait bien de la peine à s'en apercevoir sans le secours de cet instrument. On s'aperçoit pourtant aussi de cette variation dans les horloges à pendules, qu'on nomme simplement des *pendules*. Le pendule y est appliqué pour modérer le mouvement, de sorte que si l'on allonge le pendule, l'horloge marche plus lentement; et si l'on raccourcit le pendule, l'horloge avance trop. Or, on remarque que dans les grandes chaleurs toutes ces

horloges marchent trop lentement, et dans les grands froids trop vite, ce qui est une marque certaine que le pendule devient plus long dans les chaleurs, et plus court dans les froids. Une telle variabilité, causée par la chaleur et le froid, a lieu dans tous les corps, mais elle diffère beaucoup selon la nature de la matière dont les corps sont formés; il y en a qui y sont beaucoup plus sensibles que d'autres. Dans les corps fluides, cette variabilité est surtout fort sensible. Pour s'en assurer, on prend un tuyau de verre BC (*fig.* 16), joint par le bout B à une boule creuse A, et on le remplit de quelque liqueur que ce soit, par exemple, jusqu'en M. Alors quand on chauffe la boule A, la liqueur montera de M vers C, et quand le froid y survient, la liqueur descend en bas vers B; d'où l'on voit très-clairement que la même liqueur occupe un plus grand espace dans la chaleur et un plus petit dans le froid. On voit aussi que cette variation doit être plus sensible lorsque la boule est large et le tuyau étroit; car si toute la masse de la liqueur augmente ou diminue de sa millième partie, cette millième partie occupera dans le tuyau un d'autant plus grand espace que le tuyau sera plus étroit. Un tel instrument est donc réciproquement fort propre à nous indiquer les divers degrés de chaleur et de froid; car si dans cet instrument la liqueur monte ou descend, c'est une marque très-sûre que la chaleur augmente ou diminue. C'est cet instrument, qu'on nomme un *thermomètre*, qui sert à nous indiquer les change-

ments de la chaleur et du froid; et cet instrument est tout à fait différent de celui qu'on nomme *baromètre*, qui nous indique la pesanteur de l'air, ou plutôt la force dont l'air d'ici-bas est comprimé. Cet avis est d'autant plus nécessaire, que les baromètres et thermomètres se ressemblent ordinairement beaucoup entre eux, étant tous les deux des tuyaux de verre remplis de mercure; mais leur construction et les principes sur lesquels ils sont fondés sont tout à fait différents. Cette même qualité dont tous les corps s'étendent par la chaleur et se contractent par le froid, convient aussi à l'air, et cela dans un degré fort éminent. Je me propose d'en parler plus au long l'ordinaire prochain.

LETTRE XV.

(31 mai 1760.)

Des changements que la chaleur et le froid produisent dans l'atmosphère.

La chaleur et le froid produisent sur l'air le même effet que sur les autres corps. Par la chaleur l'air est raréfié, et par le froid il est condensé. Or, par ce que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A., une certaine quantité d'air n'est pas déterminée à occuper un certain espace comme tous les autres corps; mais par sa nature l'air tend toujours à s'é-

n'y avait point de vent sur toute la surface de la terre, on en pourrait sûrement conclure que l'air serait aussi partout également dense et chaud à égales hauteurs. Or, comme cela n'arrive jamais, il faût absolument qu'il y ait toujours des vents au moins en quelques régions; mais ces vents ne se trouvent, pour la plupart, que sur la surface de la terre, et plus on s'élève à des hauteurs, moins les vents sont violents. Sur les plus hautes montagnes on ne remarque presque plus de vents, et il y règne un calme perpétuel; d'où l'on ne saurait douter, qu'à des hauteurs plus grandes l'air ne demeure toujours en repos. De là il s'ensuit qu'à des régions si élevées, il règne partout, sur toute la terre, le même degré de densité et de chaleur; car s'il fait plus chaud dans un lieu que dans un autre, l'air n'y saurait être en repos, mais il y aurait un vent. Donc, puisqu'il n'y a point de vent dans ces régions élevées, il faut nécessairement que le degré de chaleur y soit partout et toujours le même, ce qui est sans doute un paradoxe fort surprenant, vu les grandes variations de chaud et de froid que nous éprouvons ici-bas pendant le cours d'une année, et même d'un jour à l'autre, sans parler des différents climats, c'est-à-dire, des chaleurs insupportables sous l'équateur, et des glaces effroyables sous les pôles de la terre. Cependant l'expérience elle-même confirme la vérité de ce grand paradoxe. Sur les hautes montagnes de la Suisse la neige et la glace durent également l'été et l'hiver, et sur les Cordilières, qui sont de hautes montagnes au Pé-

rou en Amérique, situées sous l'équateur même, la neige et la glace y sont inaltérables, et il y règne un froid aussi excessif que dans les régions polaires. La hauteur de ces montagnes n'est pas encore d'un mille d'Allemagne, ou de 24 000 pieds; d'où l'on peut hardiment conclure que si nous pouvions voler à une hauteur de 24 000 pieds au-dessus de la terre, nous y rencontrerions toujours et partout le même degré de froid (1), et même un froid très-excessif. Nous n'y remarquerions aucune différence ni pendant l'été ou l'hiver, ni près l'équateur ou les pôles. A cette hauteur et encore plus haut l'état de l'atmosphère est partout et toujours le même, et les variations entre le chaud et le froid n'ont lieu qu'ici-bas, auprès de la surface de la terre. Ce n'est qu'ici-bas que l'effet des rayons du soleil devient sensible. V. A. sera sans doute curieuse d'en apprendre la raison, et ce sera le sujet auquel je m'appliquerai l'ordinaire prochain.

(1) La pensée d'Euler est inexacte. La limite des neiges perpétuelles varie avec la latitude. En général, la température de l'atmosphère décroît à mesure que l'on s'élève, mais la loi de ce décroissement varie avec la température de la station inférieure. Elle varie par conséquent avec les saisons et avec la latitude. Or, la température de l'atmosphère à une hauteur donnée dépend à la fois de la température de la station inférieure et de la loi du décroissement.

On remarquera que l'expérience des ballons n'avait point encore été faite à l'époque où Euler écrivait ces lettres.

LETTRE XVI.

(3 juin 1760.)

Pourquoi on éprouve partout et dans toutes les saisons le même degré de froid, lorsqu'on monte sur les plus hautes montagnes, aussi bien que lorsqu'on descend dans les caves les plus profondes.

C'est un phénomène bien étrange, que partout, sur la terre, lorsqu'on monte à une très-grande hauteur, comme de 24 000 pieds (supposé que cela fût possible), on y éprouve le même degré de froid, pendant qu'ici-bas les variations de la chaleur sont si considérables, non-seulement par rapport aux différents climats, mais aussi au même endroit, selon les différentes saisons de l'année. Cette variété en bas est sans doute causée par le soleil; et il semble que son influence devrait être la même en haut et en bas, surtout quand nous pensons qu'une hauteur de 24 000 pieds, ou d'un mille, n'est absolument rien par rapport à la distance du soleil, qui est d'environ trente millions de milles, quoique cette hauteur soit fort grande à notre égard, et surpasse même les plus hauts nuages; c'est donc un doute fort important qu'il faut tâcher de résoudre. Pour cet effet, je remarque d'abord que les rayons du soleil n'échauffent les corps qu'autant que les corps ne leur accordent pas un libre passage à travers. V. A. sait qu'on nomme

ces corps *transparents*, *pellucides* et *diaphanes*, à travers lesquels nous pouvons voir les objets (1). Ces corps sont le verre, le cristal, le diamant, l'eau et plusieurs autres liqueurs, quoique les unes soient plus ou moins transparentes que les autres. Un tel corps transparent étant exposé au soleil, n'en devient pas autant échauffé qu'un autre corps non transparent, comme du bois, du fer, etc. Tels corps qui ne sont pas transparents sont nommés *opaques* : ainsi un verre ardent en transmettant les rayons du soleil, brûle les corps opaques, et cependant le verre lui-même n'en est pas échauffé. Aussi l'eau étant exposée au soleil n'en devient un peu chaude qu'en tant qu'elle n'est pas parfaitement transparente; et quand nous voyons que l'eau vers les bords des rivières est assez échauffée par le soleil, c'est que le fond, comme un corps opaque, est échauffé par les rayons transmis par l'eau. Or un corps chaud échauffe toujours ceux qui lui sont voisins, et partant, l'eau dont je viens de parler, est échauffée par le fond : mais si l'eau est très-profonde, de sorte que les rayons ne puissent pénétrer jusqu'au fond, on n'y sent presque point de chaleur, quoique le soleil y donne bien fort.

(1) Les physiciens appellent maintenant corps *diathermanes* ceux qui se laissent traverser facilement par la chaleur rayonnante. En général, les corps transparents, ou perméables à la lumière, sont en même temps diathermanes ou perméables à la chaleur rayonnante; mais pourtant les corps ne sont pas rangés dans le même ordre, sous le rapport de la transparence, et sous celui de la diathermanéité.

Maintenant l'air est un corps très-transparent, et même dans un plus haut degré que le verre ou l'eau; d'où il s'ensuit que l'air ne saurait être échauffé par le soleil, puisque les rayons passent librement à travers. Toute la chaleur que nous sentons souvent dans l'air, lui est communiquée par les corps opaques qui ont été échauffés par les rayons du soleil, et s'il était possible d'anéantir tous ces corps, l'air ne souffrirait presque aucun changement dans sa température, par les rayons du soleil; il demeurerait également froid, soit qu'il fût exposé au soleil ou non : cependant l'air ici-bas n'est pas parfaitement transparent, quelquefois même il est tellement chargé de vapeurs, qu'il perd presque entièrement sa transparence, en nous présentant un brouillard; et quand l'air se trouve dans un tel état, les rayons du soleil y ont plus de prise et le peuvent échauffer immédiatement. Mais de telles vapeurs ne montent pas fort haut, et à la hauteur de 24000 pieds et au delà, l'air est si subtil et si pur, qu'il est parfaitement transparent, et partant, les rayons du soleil n'y sauraient immédiatement produire aucun effet. Cet air est aussi trop éloigné des corps terrestres, pour qu'ils lui puissent communiquer leur chaleur; une telle communication ne saurait aller fort loin. De là V. A. comprendra aisément que dans les régions fort élevées au-dessus de la surface de la terre, les rayons du soleil ne sauraient produire aucun effet, et partant, il doit y régner partout et toujours le même degré de froid, puisque le soleil

n'y a aucune influence, et que la chaleur des corps terrestres ne saurait se communiquer jusque-là. Il en est à peu près de même sur les hautes montagnes, où il fait toujours plus froid que sur les plaines et les vallées. La ville de Quito, au Pérou, se trouve presque sous l'équateur, et à juger de sa situation, la chaleur y devrait être insupportable; cependant l'air y est assez tempéré et ne diffère pas beaucoup de celui de Paris. Or cette ville est située sur une grande hauteur au-dessus de la véritable surface de la terre; quand on y va de la mer, il faut monter pendant plusieurs jours, de sorte que le terrain y est aussi élevé que les plus hautes montagnes, qu'on nomme les Cordilières. A cause de cette dernière circonstance, il semble bien que l'air y devrait devenir aussi chaud que sur la surface de la terre, puisqu'il touche partout à des corps opaques, sur lesquels tombent les rayons du soleil. Cette objection est bien forte, et il ne saurait y avoir d'autre raison que celle que l'air à Quito étant fort élevé doit être beaucoup plus subtil et moins pesant que chez nous, comme le baromètre y étant aussi de quelques pouces plus bas que chez nous, le prouve incontestablement. Or un tel air n'est pas susceptible de tant de chaleur qu'un air plus grossier, puisqu'il ne peut pas contenir tant de vapeurs et d'autres particules qui voltigent ordinairement dans l'air : or nous savons par l'expérience, qu'un. air fort chargé est beaucoup plus propre à devenir chaud. Je peux encore ajouter un autre phénomène semblable qui n'est

pas moins surprenant, c'est que dans les caves très-profondes, ou encore plus bas, s'il était possible d'y parvenir, il y règne partout et toujours le même degré de chaleur; la raison en est à peu près la même. Comme les rayons du soleil ne produisent leur effet que sur la surface de la terre, d'où ils se communiquent aussi bien en haut qu'en bas, cette communication ne pouvant pénétrer fort loin, les très-grandes profondeurs y sont absolument insensibles, de même que les trop grandes hauteurs. J'espère que ce dénoûment satisfera la curiosité de V. A. (1).

(1) Ce court aperçu sur la température des couches intérieures du globe terrestre n'est pas exempt non plus de graves inexactitudes. 1° Il est constant aujourd'hui que la terre possède une chaleur propre ou une chaleur d'*origine*, indépendamment de celle qui lui est communiquée par l'action des rayons solaires. Il en résulte un accroissement de température, d'un degré environ pour 30 mètres, à mesure que l'on s'éloigne de la surface. D'après cette progression, on est fondé à croire que les couches centrales du globe se trouvent à l'état de fusion ignée, et que son écorce solide n'a que quelques myriamètres d'épaisseur, ce qui s'accorde fort bien avec l'ensemble des phénomènes géologiques. Le globe perd sans cesse, par le rayonnement dans l'espace, une portion de cette chaleur d'origine, et l'épaisseur de la croûte solide va en augmentant; mais ces phénomènes ont une marche extrêmement lente, et ne peuvent plus affecter, d'une manière appréciable, les températures de la surface. 2° Les variations de température à la surface, dues à l'inégalité d'action des rayons solaires, ne se font sentir qu'à de très-petites profondeurs, et à des profondeurs d'autant moindres que la période des inégalités à la surface est plus courte.

Ainsi, l'effet des inégalités annuelles s'observe encore là où l'effet des inégalités diurnes est insensible. Mais, comme le remarque Euler, dans les caves très-profondes, dans les mines, la température n'est déjà plus affectée par les variations des températures de la surface. Il ne faut cependant pas en conclure, comme Euler, que l'action des rayons solaires ne se fait sentir qu'à de petites profondeurs. La terre n'aurait jamais eu de chaleur d'origine, ou elle l'aurait totalement perdue, que la chaleur solaire, arrivant par tous les points de la surface, se propagerait dans toute sa masse jusqu'au centre, et finirait par donner aux couches centrales une température uniforme, résultant de l'action moyenne des rayons solaires à la surface. Il ne faut pas confondre la propagation de la chaleur de la surface au centre, avec la propagation des inégalités de température superficielle. Le temps qu'exige la propagation de la chaleur de proche en proche, dans les substances solides, est précisément ce qui rend insensible, à de petites distances de la surface, l'influence des variations superficielles périodiques, pour ne laisser subsister que l'effet moyen, résultant d'une compensation qui s'opère dans les diverses phases de la période.

Il est assez remarquable qu'Euler ne fasse qu'effleurer dans ces *Lettres* la théorie de la chaleur, dont les bases mathématiques n'avaient pas encore été posées par Lambert, et qui ne paraît pas avoir attiré spécialement l'attention du grand géomètre, bien qu'elle fût destinée a fournir une des premières et des plus belles applications du calcul à la physique proprement dite.

LETTRE XVII.

(7 juin 1760.)

Sur les rayons de la lumière et sur les systèmes de Descartes et de Newton.

Ayant tant parlé des rayons du soleil, qui contiennent la source de toute la chaleur et de la lumière dont nous jouissons, V. A. demandera sans doute ce que c'est que les rayons du soleil? c'est sans contredit une des plus importantes questions de la physique, et de laquelle dépendent une infinité de phénomènes. Tout ce qui regarde la lumière et ce qui nous rend visibles les objets, est étroitement lié avec cette question. Les anciens philosophes semblent s'être fort peu souciés du dénoûment de cette question. La plupart se sont contentés de dire que le soleil est doué d'une qualité d'échauffer et d'éclairer ou de luire; mais on a bien raison de demander en quoi consiste cette qualité? Est-ce que quelque chose du soleil même ou de sa substance parvient jusqu'à nous? ou bien se passerait-il quelque chose de semblable à une cloche, dont le son parvient jusqu'à nous, sans que la moindre partie de la cloche soit transportée à nos oreilles, comme j'ai eu l'honneur d'exposer à V. A., en expliquant la propagation et la perception du son. Descartes, le premier des philosophes mo-

dernes, soutenait ce dernier sentiment, et ayant rempli tout l'univers d'une matière subtile composée de petits globules, qu'il nomme le second élément, il met le soleil dans une agitation perpétuelle qui frappe sans cesse ces globules, et ceux-ci communiquent leurs mouvements dans un instant par tout l'univers. Mais depuis qu'on a découvert que les rayons du soleil ne parviennent pas dans un instant jusqu'à nous, mais qu'il leur faut un temps d'environ 8 minutes pour parcourir cette grande distance, le sentiment de Descartes a été abandonné, sans parler d'autres grands inconvénients qui l'accompagnent. Ensuite le grand Newton a embrassé le premier sentiment, et a soutenu que les rayons du soleil sortent réellement du corps du soleil, et que des particules extrêmement subtiles en sont lancées et dardées avec cette vitesse inconcevable dont elles sont portées du soleil jusqu'à nous en 8 minutes environ. Ce sentiment, qui est celui de la plupart des philosophes d'aujourd'hui, et surtout des Anglais, est nommé le *système de l'émanation;* puisqu'on croit que les rayons émanent actuellement du soleil, et aussi des autres corps lumineux, tout comme l'eau émane ou saute d'une fontaine. Ce sentiment paraît d'abord fort hardi et choquant la raison; car si le soleil jetait continuellement et en tout sens, de tels fleuves de matière lumineuse, avec une si prodigieuse vitesse, il semble que la matière du soleil en devrait être bientôt épuisée, ou du moins il faudrait qu'on y remarquât depuis tant de siècles, quelque diminu-

tion, ce qui est pourtant contraire aux observations. Certainement une fontaine qui jetterait en tout sens des traits d'eau, serait d'autant plutôt épuisée que la vitesse en serait grande; et partant la prodigieuse vitesse des rayons devrait bientôt épuiser le corps du soleil. On a beau supposer les particules dont les rayons sont formés, aussi subtiles qu'on voudra, on ne gagnera rien; le système demeure toujours également révoltant. On ne peut pas dire que cette émanation ne se fasse pas tout autour et en tout sens; car en quelque endroit qu'on soit placé, on voit le soleil tout entier, ce qui prouve incontestablement, que vers cet endroit sont lancés des rayons de tous les points du soleil. Le cas est donc bien différent de celui d'une fontaine qui jetterait même des traits d'eau en tout sens. Ici ce n'est que d'un seul endroit d'où le trait sort vers une certaine contrée, chaque point ne lancerait qu'un seul trait; mais pour le soleil, chaque point de sa surface lance une infinité de traits qui se répandent en tout sens. Cette seule circonstance augmente infiniment la dépense de matière lumineuse que le soleil devrait faire. Mais il y a encore un autre inconvénient qui ne paraît pas plus petit, qui est, que non-seulement le soleil jette des rayons, mais aussi toutes les étoiles; donc, puisque partout il y aurait des rayons du soleil et des étoiles qui se rencontreraient mutuellement, avec quelle impétuosité devraient-ils se choquer les uns les autres? et combien leur direction en devrait-elle être changée? Une semblable croisée devrait arri-

ver en tous les corps lumineux qu'on voit à la fois : cependant chacun paraît distinctement, sans souffrir le moindre dérangement des autres; et c'est une preuve bien certaine que plusieurs rayons peuvent passer par le même point sans se troubler les uns les autres, ce qui semble inconciliable avec le système de l'émanation. En effet, on n'a qu'à faire en sorte que deux jets d'eau se rencontrent, on verra d'abord qu'ils se troubleront terriblement dans leur mouvement; d'où l'on voit que le mouvement des rayons de lumière est très-essentiellement différent de celui des jets d'eau, et en général de toutes les matières qui seraient lancées. Ensuite, en considérant les corps transparents par lesquels les rayons passent librement et en tout sens, les partisans de ce sentiment sont obligés de dire que ces corps renferment des pores disposés en lignes droites, qui passent de chaque point de sa surface en tout sens, puisqu'on ne saurait concevoir aucune ligne par laquelle ne puisse passer un rayon du soleil, et cela, avec cette inconcevable vitesse, et même sans heurter. Voilà des corps bien criblés, qui cependant nous paraissent bien solides. Enfin, pour voir, il faut que les rayons entrent dans nos yeux, et qu'ils en traversent la substance avec la même vitesse. Je crois que tous ces inconvénients convaincront V. A. suffisamment, que ce système de l'émanation ne saurait en aucune manière avoir lieu dans la nature, et V. A. sera sans doute bien étonnée que ce même système ait été imaginé par un si grand homme, et embrassé par tant de phi-

losophes éclairés. Mais Cicéron a déjà fait la remarque qu'on ne saurait imaginer rien de si absurde, que les philosophes ne soient capables de soutenir. Pour moi, je suis trop peu philosophe pour embrasser ce sentiment.

LETTRE XVIII.

(10 juin 1760.)

Sur les inconvénients qu'on rencontre dans ce dernier système de l'émanation.

Quelque étrange que puisse paraître à V. A. le sentiment du grand Newton, que les rayons proviennent du soleil par une émanation actuelle, il a pourtant trouvé une approbation si générale, que presque personne n'en osait douter. Ce qui y a contribué le plus, c'est sans doute la grande autorité de cet éminent philosophe anglais, qui a le premier découvert les véritables lois des mouvements des corps célestes. Or cette même découverte l'a porté au système de l'émanation. Descartes, pour soutenir son explication, fut obligé de remplir tout l'espace du ciel d'une matière subtile, au travers de laquelle tous les corps célestes se meuvent tout à fait librement. Mais on sait que si un corps se meut par l'air, il rencontre une certaine résistance; et de là Newton a conclu que,

quelque subtile qu'on suppose la matière du ciel, les planètes y devraient éprouver quelque résistance dans leur mouvement. Mais, dit-il, ce mouvement n'est assujetti à aucune résistance; d'où il s'ensuit que l'espace immense des cieux ne contient aucune matière. Il y règne donc partout un vide parfait, et c'est un des principaux dogmes de la philosophie newtonienne, que l'immensité de l'univers ne renferme point du tout de matière dans les espaces qui se trouvent entre les corps célestes. Cela posé, il y aura depuis le soleil jusqu'à nous, ou du moins jusqu'à l'atmosphère de la terre, un vide parfait; et en effet, plus nous montons en haut, plus nous trouvons l'air subtil, d'où il semble qu'il se doit enfin perdre tout à fait. Or, si l'espace entre le soleil et la terre est absolument vide, il est impossible que les rayons viennent jusqu'à nous par voie de communication, comme le son d'une cloche nous est communiqué par le moyen de l'air; de sorte que si l'air, depuis la cloche jusqu'à nous, était anéanti, nous n'entendrions absolument rien, avec quelque force qu'on frappât la cloche. Ayant donc établi un vide parfait entre les corps célestes, il ne reste plus d'autre sentiment à embrasser que celui de l'émanation; et cette raison a obligé Newton de soutenir que le soleil, et semblablement aussi tous les corps lumineux lancent les rayons actuellement, et que les rayons sont toujours une partie réelle du corps lumineux, qui est chassée avec une force terrible. Il faudrait bien que cette force fût terrible, pour

imprimer aux rayons cette vitesse inconcevable, dont ils viennent du soleil jusqu'à nous en 8 minutes de temps. Mais voyons maintenant si cette explication peut subsister avec la principale vue de Newton, qui exige un espace absolument vide dans les cieux, afin que les planètes ne rencontrent aucune résistance. V. A. jugera aisément que les espaces du ciel, au lieu de rester vides, seront remplis des rayons, non-seulement du soleil, mais encore de toutes les autres étoiles qui les traversent de toute part et en tout sens continuellement, et cela, avec la plus grande rapidité. Donc les corps célestes qui traversent ces espaces, au lieu d'y rencontrer un vide, y trouveront la matière des rayons lumineux dans la plus terrible agitation, par laquelle les corps doivent être beaucoup plus troublés dans leur mouvement que si cette même matière y était en repos. Donc Newton ayant eu peur qu'une matière subtile, telle que Descartes la supposait, ne troublât le mouvement des planètes, fut conduit à un expédient bien étrange, et tout à fait contraire à sa propre intention; vu que par ce moyen, les planètes devraient essuyer un dérangement infiniment plus considérable. Voilà un exemple bien triste de la sagesse humaine, qui, voulant éviter un certain inconvénient, tombe souvent en de plus grandes absurdités. J'ai déjà eu l'honneur d'exposer à V. A. tant d'autres difficultés insurmontables, dont le système de l'émanation est rempli; et maintenant nous voyons que la principale et même l'unique raison qui a

engagé Newton à ce sentiment, est si contradictoire en elle-même, qu'elle le renverse tout à fait. Toutes ces raisons prises ensemble ne nous sauraient laisser balancer un moment d'abandonner cet étrange système de l'émanation de la lumière, quelque grande que puisse être l'autorité du philosophe qui l'a établi. Newton a été sans contredit un des plus grands génies qui aient jamais existé, et sa profonde science et sa pénétration dans les mystères les plus cachés de la nature demeurera toujours le plus éclatant sujet de notre admiration et de celle de notre postérité; mais les égarements de ce grand homme doivent servir à nous humilier et à reconnaître la faiblesse de l'esprit humain, qui, s'étant élevé au plus haut degré dont les hommes soient capables, risque néanmoins souvent de se précipiter dans les erreurs les plus grossières. Si nous sommes assujettis à des chutes si tristes dans nos recherches sur les phénomènes de ce monde visible qui frappe nos sens, combien serions-nous malheureux, si Dieu nous avait abandonnés à nous-mêmes à l'égard des choses invisibles et qui regardent notre salut éternel? Sur cet important article une révélation nous a été absolument nécessaire; nous devons en profiter avec la plus grande vénération, et lorsqu'elle nous présente des choses qui nous paraissent inconcevables, nous n'avons qu'à nous servir de notre faiblesse d'esprit, qui s'égare si aisément même dans les choses visibles. Toutes les fois que je vois de ces esprits forts, qui critiquent les vérités de notre

religion, et s'en moquent même avec la plus impertinente suffisance, je pense : Chétifs mortels, combien et combien de choses sur lesquelles vous raisonnez si légèrement, sont-elles plus sublimes et plus élevées que celles sur lesquelles le grand Newton s'égare si grossièrement. Je souhaiterais que V. A. n'oubliât jamais cette réflexion ; les occasions n'arrivent ici que trop souvent où l'on en a besoin.

LETTRE XIX.

(14 juin 1760.)

Exposition d'un autre système sur la nature des rayons et de la lumière.

V. A. vient de voir que le système de l'émanation est assujetti à des difficultés invincibles, et que le sentiment d'un vide qu'occuperait tout l'espace entre les corps célestes, ne saurait avoir lieu en aucune façon, puisque les rayons de lumière même le rempliraient tout à fait. On est donc obligé de convenir de deux choses : l'une, que les espaces entre les corps célestes sont remplis d'une matière subtile ; et l'autre, que les rayons ne sont pas une émanation actuelle du soleil et des autres corps lumineux, par laquelle une partie de leur substance en soit élancée, comme Newton

a prétendu. Cette matière subtile qui remplit tous les espaces des cieux entre les corps célestes, est nommée l'*éther*, dont l'extrême subtilité ne saurait être révoquée en doute. Pour nous en former une idée, nous n'avons qu'à considérer l'air, qui étant une matière fort subtile ici-bas, le devient de plus en plus en montant en haut; et enfin il se perd pour ainsi dire entièrement, ou bien il va se confondre avec l'éther. L'éther est donc aussi une matière fluide comme l'air, mais incomparablement plus subtile et plus déliée, puisque nous savons que les corps célestes le traversent librement, sans y rencontrer quelque résistance sensible. Il a sans doute aussi une élasticité par laquelle il tend à se répandre en tout sens et à pénétrer dans les espaces qui pourraient être vides, de sorte que si par quelque accident l'éther était chassé de quelque endroit, l'éther voisin s'y précipiterait dans un instant, et l'endroit en serait rempli de nouveau. En vertu de cette élasticité, l'éther ne se trouve pas seulement en haut, au-dessus de notre atmosphère, mais il la pénètre partout, et s'insinue aussi dans les pores de tous les corps ici-bas, de sorte qu'il traverse ces pores assez librement. Ainsi, si par le moyen de la machine pneumatique on pompe l'air d'un vaisseau, il ne faut pas croire qu'il y ait alors un vide; c'est l'éther qui, en passant par les pores d'un vaisseau, le remplit dans un instant; et quand on remplit de vif-argent un tuyau de verre assez long, et qu'on le tourne pour faire un baromètre, on croit voir au-dessus du vif-argent un vide où

il n'y a point d'air, puisque l'air ne saurait passer par le verre; mais ce vide, qui ne l'est qu'en apparence, est certainement rempli d'éther qui y entre sans difficulté. C'est par cette subtilité et cette élasticité de l'éther que j'aurai un jour l'honneur d'expliquer à V. A. tous les phénomènes surprenants de l'électricité. Il est même très-vraisemblable que l'éther ait une élasticité beaucoup plus grande que l'air, et que quantité d'effets dans la nature sont produits par cette force. Je ne doute pas même que la compression de l'air dans la poudre à canon ne soit un ouvrage de la force de l'élasticité de l'éther; et puisque nous savons par l'expérience, que l'air est presque mille fois plus condensé qu'à l'ordinaire, et que dans cet état, son élasticité est aussi autant de fois plus grande, il faut que l'élasticité de l'éther soit aussi grande, et par conséquent mille fois plus grande que celle de l'air ordinaire. Nous aurons donc une assez juste idée de l'éther, en le regardant comme une matière fluide assez semblable à l'air, avec cette différence, que l'éther est incomparablement plus subtil que l'air, et en même temps plusieurs fois plus élastique.

Ayant donc vu auparavant, que l'air, par ces mêmes qualités, devient propre à recevoir les agitations ou ébranlements des corps sonores, et de les répandre en tout sens, en quoi consiste la propagation du son, il est très-naturel que l'éther puisse aussi, sous des circonstances semblables, recevoir des ébranlements et les continuer en tout sens à de plus grandes distances. Comme les ébran-

lements dans l'air nous fournissent *le son*, qu'est-ce que nous pourraient bien fournir les ébranlements de l'éther? Je crois que V. A. le devinera aisément; c'est la lumière ou les rayons. Ainsi il paraît très-certain que la lumière est à l'égard de l'éther la même chose que le son à l'égard de l'air, et que les rayons de lumière ne sont autre chose que des ébranlements ou vibrations transmises par l'éther, tout comme le son consiste en des ébranlements ou vibrations transmises par l'air. Il n'y a donc rien qui vienne actuellement du soleil jusqu'à nous, aussi peu que d'une cloche, lorsque son bruit parvient à nos oreilles. Dans ce système il n'y a point de danger que le soleil, en luisant, perde la moindre chose de sa substance, non plus qu'une cloche en sonnant. Ce que j'ai dit du soleil, se doit aussi entendre de tous les corps luisants, comme du feu d'une bougie, d'une chandelle, etc. V. A. m'objectera sans doute, que ces lumières terrestres ne se consument que trop évidemment, et qu'à moins qu'elles ne soient entretenues et nourries sans cesse, leur lumière est bientôt éteinte; d'où il semble que le soleil devrait se consumer également, et que le parallèle d'une cloche est fort mal employé. Mais il faut bien considérer que ces feux, outre qu'ils luisent, jettent de la fumée et quantité d'exhalaisons, qu'il faut bien distinguer des rayons de lumière qui éclairent. Or la fumée et les exhalaisons y causent sans doute une perte considérable, qu'il ne faut pas attribuer aux rayons de la lumière : si on les pouvait délivrer de la fumée et des autres

exhalaisons, la seule qualité de luire ne causerait aucune perte. On peut rendre le mercure luisant par un certain artifice, comme V. A. se souviendra bien de l'avoir vu; et par cette lumière le mercure ne perd absolument rien de sa substance; d'où l'on voit que la seule lumière ne cause aucune perte dans les corps luisants. Ainsi, quoique le soleil éclaire tout le monde par ses rayons, il n'en perd rien de sa propre substance, toute sa lumière n'étant causée que par une certaine agitation, ou un ébranlement extrêmement vif dans ses moindres particules, qui se communique à l'éther voisin, et est transmis de là en tout sens par l'éther jusqu'aux plus grandes distances, de même qu'une cloche ébranlée communique à l'air une semblable agitation. Plus on considère ce parallèle entre les corps sonores et luisants, et plus on le trouvera conforme et d'accord avec l'expérience; au lieu que le système de l'émanation révolte d'autant plus, qu'on en veut faire l'application aux phénomènes (1).

(1) Malgré l'autorité de Descartes, de Huygens et d'Euler, le système newtonien de l'*émanation* ou de l'*émission* a continué d'être dominant, à cause de la facilité avec laquelle il se prête à l'exposition géométrique des phénomènes, jusqu'à ce que les travaux de Young et de Fresnel aient fait prévaloir le système des *ondulations*, qui depuis vingt ans n'est plus sérieusement contesté. Ce système, dans sa forme actuelle, repose sur les principes suivants :

I. Un fluide très-subtil et très-élastique, que l'on nomme *éther*, remplit tout l'espace : ce fluide est impondérable; il n'oppose aux mouvements de la terre et des planètes aucune résistance appréciable. Quelques astronomes ont soupçonné que

les comètes, qui sont des amas de nébulosités pondérables, portées à un très-haut degré de raréfaction, éprouvent une résistance appréciable de la part de l'éther; mais cette conjecture a grand besoin de confirmation.

On doit regarder comme un seul et même caractère l'impondérabilité attribuée à l'éther, et la propriété qu'il aurait de se laisser traverser par les corps pondérables sans leur opposer de résistance appréciable, ou sans consommer par son inertie une partie appréciable de la force vive qui les anime; car nous observons constamment que le poids d'un corps est proportionnel à son inertie ou à sa masse. Si donc l'éther a des attributs communs avec la matière pondérable, il s'en distingue essentiellement par d'autres caractères, autant du moins que l'observation nous permet d'en juger.

II. Les ondulations ou vibrations périodiques et isochrones, déterminées dans une portion du fluide éthéré (probablement en vertu d'un mouvement vibratoire particulier de la matière pondérable), et propagées de proche en proche dans l'éther, hors de la sphère de l'ébranlement primitif, constituent la lumière. La vitesse de propagation des ondes lumineuses dépend de la densité et de l'élasticité de l'éther; elle croît avec l'élasticité.

III. Dans l'espace vide de matière pondérable, l'éther a partout la même densité et la même élasticité en tous sens; la lumière s'y propage uniformément dans toutes les directions; l'onde lumineuse occupe une surface sphérique qui a pour centre le centre d'ébranlement.

Dans les portions de l'espace occupées par des corps pondérables, l'éther ne se trouve pas au même état de densité que dans le vide, ce qui donne lieu aux phénomènes de la réflexion et de la réfraction. La lumière s'y propage avec des vitesses inégales. Si les corps pondérables sont cristallisés, l'élasticité de l'éther et la vitesse de propagation de la lumière varient en général dans les différentes directions. L'onde lumineuse cesse d'avoir une forme sphérique.

IV. Aux diverses couleurs du spectre correspondent des

vibrations isochrones de durées inégales, et qui ont aussi des vitesses inégales de propagation. Cette dernière circonstance est la cause de la *dispersion* ou de la séparation des couleurs dans l'expérience du prisme. Il n'en faut pas conclure que réciproquement toute variation dans la durée des vibrations isochrones d'une onde éthérée entraîne une variation dans la couleur, ou que l'inégale durée des vibrations soit la cause de la diversité des couleurs. Nous reviendrons dans une autre note sur les hypothèses des physiciens modernes, relatives à la coloration de la lumière.

V. Des ondes lumineuses, parties de différents centres d'ébranlement, se superposent comme les ondes qu'on observe à la surface d'une eau tranquille. Si le mouvement vibratoire, propagé par l'onde A, conspire avec le mouvement vibratoire propagé par l'onde B, il y a renforcement de lumière. Si au contraire les deux mouvements vibratoires tendent à constituer la particule éthérée dans des états de vibration opposés, le repos s'ensuit et la lumière cesse de se produire. Deux rayons de lumière peuvent donc par leur concours donner lieu à de l'obscurité. On donne à ces curieux phénomènes le nom d'*interférences*, et c'est principalement sur l'observation des phénomènes d'interférence que repose la théorie des vibrations éthérées.

VI. Les ondes sonores consistent dans une suite de pulsations isochrones par lesquelles l'air est alternativement condensé et dilaté. La molécule d'air qui se trouve sur le trajet de l'onde est animée d'un mouvement de va-et-vient dans le sens suivant lequel l'onde ou le son se propage. Au contraire, la particule éthérée est animée d'un mouvement de va-et-vient dans un plan perpendiculaire à la ligne de propagation de l'onde ou de la lumière, et le mouvement ondulatoire ne détermine dans l'éther ni condensations, ni dilatations alternatives. Sous ce rapport, les ondes qui se propagent à la surface d'un liquide ou le long d'une corde faiblement tendue, donnent une idée plus juste des ondes lumineuses, que la comparaison avec les ondes sonores, dont Euler fait un continuel usage.

VII. Pour qu'un rayon de lumière produise une sensation

perceptible, il faut que la section de ce rayon par un plan perpendiculaire contienne un nombre immense de particules éthérées en vibration. Si ces particules vibrent toutes dans des directions parallèles, le rayon est *polarisé;* si elles vibrent dans des directions différentes, quoique toutes perpendiculaires au rayon, le rayon est dit *à l'état naturel.*

Il faudrait entrer dans des détails immenses pour exposer les conséquences de ces diverses hypothèses et les confronter avec les phénomènes observés; mais ce qui précède suffit pour la comparaison des idées théoriques de l'auteur avec l'état de la science moderne. Il faut remarquer que le système des ondes lumineuses ne préjuge rien et ne doit rien préjuger sur la nature intime du fluide éthéré, ni sur celle des forces productives de l'élasticité qu'on lui attribue. On verra plus loin qu'Euler, conséquent à la doctrine cartésienne, repousse le vide absolu (lettre X, II[e] partie), et par conséquent l'hypothèse qui fait de l'éther un système d'atomes, maintenus à distance par des forces attractives ou répulsives. L'école des géomètres modernes, qui obéit toujours au principe de la philosophie newtonienne, s'est emparée au contraire de l'éther des physiciens, pour rattacher par le calcul les phénomènes de la lumière à la théorie de l'action à distance des forces moléculaires. Nous avons en ce genre des essais qui dénotent une haute puissance d'analyse, mais dont la valeur, comme explications physiques, n'est pas définitivement jugée, et peut-être ne comporte pas un jugement définitif. En général, il faut se méfier en physique de toute hypothèse qui emporte ou semble emporter la solution d'une question primordiale.

LETTRE XX.

(17 juin 1760.)

Sur la propagation de la lumière.

Pour ce qui regarde la propagation de la lumière par l'éther, elle se fait d'une manière semblable à la propagation du son par l'air; et comme un ébranlement causé dans les particules de l'air constitue le son, de même un ébranlement causé dans les particules de l'éther constitue la lumière ou les rayons de lumière, de sorte que *la lumière n'est autre chose qu'une agitation ou ébranlement causé dans les particules de l'éther* qui se trouve partout, à cause de l'extrême subtilité avec laquelle il pénètre tous les corps. Cependant ces corps modifient en différentes manières les rayons, selon qu'ils transmettent ou arrêtent la propagation des ébranlements; c'est ce dont je parlerai plus amplement dans la suite. Maintenant je me borne à la propagation des rayons de l'éther même qui remplit les immenses espaces entre le soleil et nous, et en général entre tous les corps célestes. C'est là où la propagation se fait tout à fait librement. La première chose qui se présente ici à notre esprit, c'est la prodigieuse vitesse des rayons de la lumière, qui est environ 900 000 fois plus rapide que la vitesse du son, qui parcourt

pourtant chaque seconde un chemin de 1 000 pieds. Cette terrible vitesse suffirait déjà à renverser le système de l'émanation; mais dans ce système-ci elle est une suite naturelle de nos principes, ce que V. A. verra avec une pleine satisfaction. Ce sont les mêmes principes sur lesquels est fondée la propagation du son par l'air, laquelle dépend, d'un côté, de la densité de l'air, et de l'autre, de son élasticité. Or, cette dépendance nous donne à connaître que si la densité de l'air devenait plus petite, le son en serait accéléré; et si l'élasticité de l'air devenait plus grande, le son serait aussi accéléré. Donc, si à la fois la densité de l'air devenait plus petite et son élasticité plus grande, il y aurait une double raison pour augmenter la vitesse du son. Concevons donc que la densité de l'air soit diminuée au point qu'elle devienne égale à la densité de l'éther, et que l'élasticité de l'air soit augmentée au point qu'elle devienne égale à l'élasticité de l'éther, et nous ne serons plus surpris que la vitesse du son devienne plusieurs mille fois plus grande qu'elle ne l'est effectivement. Car V. A. se souviendra que selon les premières idées que nous nous sommes formées de l'éther, cette matière doit absolument être incomparablement moins dense ou plus rare que l'air, et en même temps aussi incomparablement plus élastique; or, de ces deux qualités, l'une et l'autre contribuent également à accélérer la vitesse des ébranlements. Maintenant donc, tant s'en faut que la prodigieuse vitesse de la lumière ait quelque chose de choquant, elle est

plutôt parfaitement bien d'accord avec nos principes; et le parallèle entre la lumière et le son est à cet égard si bien établi, que nous pouvons soutenir hardiment que si l'air devenait si subtil et en même temps aussi élastique que l'éther, la vitesse du son deviendrait aussi rapide que celle de la lumière. Donc, si l'on demande pourquoi la lumière se meut avec une vitesse si prodigieuse, nous répondrons que la raison est l'extrême subtilité de l'éther, jointe à sa surprenante élasticité, et que tant que l'éther conserve ce même degré de subtilité et d'élasticité, il est nécessaire que la lumière passe aussi avec le même degré de vitesse. Or, on ne saurait douter que l'éther n'ait par tout l'espace de l'univers la même subtilité et la même élasticité; car si l'éther était plus élastique dans un endroit que dans un autre, il s'y porterait, en se répandant davantage, jusqu'à ce que l'équilibre fût entièrement rétabli. Donc les rayons des étoiles se meuvent aussi vite que ceux du soleil; mais puisque les étoiles sont beaucoup plus éloignées de nous que le soleil, il leur faut d'autant plus de temps avant que les rayons en viennent jusqu'à nous. Quelque prodigieuse que nous paraisse la distance du soleil, dont les rayons nous parviennent cependant en 8 minutes de temps, celle des étoiles fixes, qui nous est la plus proche, est pourtant plus de 400 000 fois plus éloignée de nous que le soleil. Donc un rayon de lumière qui part de cette étoile emploiera un temps de 400 000 fois 8 minutes avant que de parvenir jusqu'à nous;

ce temps fait 53 333 heures, ou 2 222 jours, ou environ six ans. Donc, en voyant de nuit une étoile fixe, et même la plus brillante, puisque celle-ci est probablement la plus proche, les rayons qui entrent dans les yeux de V. A. pour y représenter cette étoile, il y a déjà six ans qu'ils sont partis de l'étoile, ayant employé un si long temps pour parvenir jusqu'à nous. Et s'il plaisait à Dieu de créer à présent à la même distance une nouvelle étoile fixe, nous ne la verrions qu'après six ans passés, puisque ses rayons ne sauraient arriver plus tôt jusqu'à nous. Et si au commencement du monde les étoiles avaient été créées à peu près en même temps qu'Adam, il n'aurait pu les voir qu'au bout de six ans, et même celles qui sont les plus proches; car pour les plus éloignées, il lui aurait fallu attendre d'autant plus de temps, avant que de les découvrir. Donc si Dieu avait créé en même temps des étoiles encore mille fois plus éloignées, nous ne les verrions pas encore, quelque brillantes qu'elles puissent être, puisqu'il ne s'est pas encore écoulé 6 000 ans depuis la création. Le premier prédicateur de la cour de Brunswick, M. Jérusalem, a parfaitement employé cette pensée dans un de ses sermons, où se trouve le passage suivant :

« Élevez vos pensées depuis cette terre que vous « habitez, jusqu'à tous les corps du monde qui « sont au-dessus de vous; parcourez l'espace qu'il « y a depuis les plus éloignés que vos yeux puis- « sent découvrir, jusqu'à ceux dont la lumière, « peut-être depuis le commencement de leur créa-

« tion jusqu'à présent, n'est pas encore parvenue « jusqu'à nous. L'immensité du royaume de Dieu « permet cette peinture. » (*Du sermon sur le ciel et la béatitude éternelle.*)

Je suis bien sûr que V. A. sera plus édifiée de ce passage que tout l'auditoire de M. Jérusalem, auquel cette sublime pensée aura été inconcevable, et j'espère que cette réflexion fera naître à V. A. la curiosité d'être instruite sur le reste de ce qui regarde le véritable système de la lumière, d'où découle la théorie des couleurs et de toute la vision.

LETTRE XXI.

(21 juin 1760.)

Digression sur l'étendue du monde, ensuite sur la nature du soleil et de ses rayons.

Ce que j'ai eu l'honneur de dire à V. A. sur le temps que les rayons des étoiles mettent à parvenir jusqu'à nous, est en effet très-propre à nous donner une idée de l'étendue et de la grandeur du monde. La vitesse du son qui parcourt chaque seconde un espace de 1 000 pieds, nous fournit presque la première mesure, et cette vitesse est environ 200 fois plus rapide que celle d'un homme qui marche assez bien. Or, la vitesse des rayons de lumière est encore 900 000 fois plus grande que

celle du son, ou bien ses rayons parcourent, chaque seconde, un chemin de 900 millions de pieds ou de 37 500 milles d'Allemagne; quelle prodigieuse vitesse! Cependant, celle des étoiles fixes qui nous est la plus proche est si éloignée de nous, que ses rayons, malgré cette prodigieuse vitesse, emploient 6 ans avant que d'arriver jusqu'à nous; et s'il était possible qu'un grand bruit, comme celui d'un coup de canon, excité dans cette étoile, pût être transmis jusqu'à nous, il s'écoulerait un temps de 5 400 000 années avant que nous nous aperçussions de ce son. Cela ne regarde que les étoiles les plus brillantes qui nous sont probablement les plus proches; et il est très-vraisemblable que les plus petites étoiles sont encore dix fois et davantage plus éloignées de nous. Il faudra donc bien un siècle entier avant que les rayons de ces étoiles parviennent jusqu'à nous: quelle prodigieuse distance qui ne saurait être parcourue que dans un temps de 100 ans, par une vitesse qui achève chaque seconde un chemin de 37 500 milles d'Allemagne! Donc, si à présent une telle étoile était anéantie, ou seulement éclipsée, nous ne laisserions pas de la voir encore pendant 100 ans de suite, puisque les derniers rayons qui en seraient sortis n'arriveraient jusqu'à nous qu'au bout de ce temps. On se forme ordinairement des idées trop petites et trop bornées de ce monde, et ces esprits qui se croient si forts regardent ce monde comme un ouvrage de fort peu d'importance, qu'un pur hasard aurait pu produire, et qui

mérite à peine leur attention. Or, V. A. conviendra que ces mêmes esprits, quelque forts qu'ils se croient, sont des esprits fort bornés, et V. A. sera plutôt vivement pénétrée du plus profond respect envers ce grand Souverain, dont la puissance s'étend dans un espace si immense, où tout ce qui s'y trouve est soumis à son pouvoir absolu. Mais quelle doit être notre admiration, quand nous considérons que tous ces corps immenses qui se trouvent dans le monde, sont arrangés selon la plus grande sagesse, de sorte que plus nous avançons dans la connaissance de ce monde, quoiqu'elle soit toujours infiniment imparfaite, plus nous y découvrons de sujets d'en admirer l'ordre et les perfections! Et à l'égard de tous ces ouvrages, où même notre admiration se perd entièrement, qu'est-ce que c'est que le globe terrestre que nous habitons? un vrai rien, et pourtant nous éprouvons tous les jours les plus éclatantes marques d'une providence toute particulière du grand Maître de l'univers à notre égard. Mais l'éloquence me manque pour représenter ces choses dans toute leur grandeur, et V. A. y suppléera par les réflexions qu'elle voudra bien faire elle-même sur tous ces importants objets. Je retourne à ces grands corps luisants et en particulier au soleil, qui est la principale source de la lumière et de la chaleur dont nous jouissons ici-bas sur la terre. D'abord on demande en quoi consiste la lumière que le soleil répand continuellement par tout l'univers, sans souffrir jamais la moindre diminution?

La réponse ne saurait plus être difficile dans le système de la lumière que je viens d'établir, pendant que le système de l'émanation n'y saurait satisfaire en aucune manière. Tout l'univers étant rempli de cette matière fluide extrêmement subtile et élastique qu'on nomme l'éther, il faut supposer dans toutes les parties du soleil une agitation continuelle, par laquelle chaque particule se trouve dans un ébranlement et mouvement de vibration perpétuel, qui, se communiquant à l'éther voisin, excite une agitation semblable, qui est transmise ensuite de plus en plus loin, en tous sens, avec cette rapidité dont je viens de parler si amplement. Donc, pour soutenir le parallèle entre le son et la lumière, le soleil serait semblable à une cloche qui sonnerait sans cesse; il faut donc que les particules du soleil soient entretenues perpétuellement dans cette agitation qui produit dans l'éther ce que nous nommons rayons de lumière. Or, c'est encore une difficulté d'expliquer par quelle force est entretenue cette agitation perpétuelle dans les particules du soleil, puisque nous savons qu'une chandelle allumée ne brûle pas longtemps, et qu'elle s'éteint bientôt, à moins qu'elle ne soit nourrie par des matières combustibles. Mais on peut remarquer d'abord que le soleil étant une masse plusieurs milliers de fois plus grande que toute la terre, s'il est une fois bien enflammé, la flamme pourrait bien durer pendant plusieurs siècles avant que de souffrir quelque diminution; mais outre cela, le soleil n'est pas dans le cas de nos feux et

de nos chandelles, où une bonne partie de leur substance s'en va par la fumée et l'exhalaison, d'où résulte une perte très-réelle; au lieu que dans le soleil, quoique peut-être quelque chose en soit chassé en forme de fumée, cela ne s'en éloigne pas beaucoup, et retourne bientôt dans la masse du soleil; de sorte qu'une perte réelle qui causerait une diminution dans la substance du soleil, n'y saurait avoir lieu. La seule chose que nous ignorons encore sur cet article, est la force qui entretient constamment toutes les particules du soleil dans cette agitation : or cela n'a rien du tout qui choque le bon sens; et comme nous sommes bien obligés d'avouer notre ignorance à l'égard de plusieurs autres choses qui nous sont beaucoup plus proches que le soleil, nous devons être contents, pourvu que nos idées ne renferment rien de révoltant.

LETTRE XXII.

(24 juin 1760.)

Éclaircissements ultérieurs sur la nature des corps luisant d'eux-mêmes, et sur la différence entre ces corps et les corps opaques illuminés.

Le soleil étant un corps luisant dont les rayons sont répandus tout autour et en tous sens, V. A. ne sera plus indécise sur la cause de ce merveilleux phénomène, laquelle consiste dans un ébran-

lement ou vibration dont toutes les particules du soleil sont agitées. Le parallèle d'une cloche est fort propre à nous éclaircir sur cet article. Mais il est très-naturel que les vibrations qui causent la lumière soient beaucoup plus vives et plus rapides que celles qui causent le son, puisque l'éther est incomparablement plus subtil que l'air. Comme une agitation faible n'est pas capable d'ébranler l'air pour y produire un son, de même les agitations d'une cloche et de tous les autres corps qui rendent un son, sont trop faibles à l'égard de l'éther, pour y produire cet ébranlement qui constitue la lumière. V. A. se souviendra que pour exciter un son sensible, il faut qu'il se fasse dans une seconde plus de 30 et moins de 3 000 vibrations, l'air étant trop subtil pour que moins que 30 vibrations y puissent produire un effet sensible; mais, de l'autre côté, il est trop grossier pour recevoir plus de 3 000 vibrations. Un son si haut se perdrait enfin tout à fait. Or, il en est de même de l'éther, et 3 000 vibrations rendues dans une seconde sont un objet trop grossier pour l'éther; il faut des vibrations plus fréquentes, et plusieurs milliers rendues par seconde (1), avant qu'elles soient capables d'agir sur l'éther et d'y exciter un ébranlement. Une agitation si rapide ne saurait avoir lieu que dans les moindres particules des corps qui, par leur petitesse, échappent à nos sens. La lumière du soleil est donc produite par une telle

(1) *Lisez* plusieurs millions par millionième de seconde.

agitation extrêmement vive et rapide qui se trouve dans toutes les moindres particules du soleil, dont chacune doit s'ébranler plusieurs milliers de fois pendant chaque seconde. Une telle agitation est aussi la cause de la lumière des étoiles fixes, et aussi chez nous, sur la terre, de tous les feux, comme des chandelles, des bougies, des flambeaux, etc., qui nous tiennent lieu du soleil pendant la nuit, en nous éclairant. En regardant la flamme d'une bougie, V. A. reconnaîtra aisément qu'il y règne dans les plus petites particules une agitation surprenante; et je ne crois pas que mon système trouve de ce côté aucune contradiction, pendant que le système de Newton exige une agitation infiniment prodigieuse, capable de lancer les plus petites particules avec une vitesse qui parcourt 37 500 milles d'Allemagne dans une seconde. Voilà donc l'explication de la nature des corps lumineux, ou plutôt luisant par eux-mêmes, car il y a des corps lumineux qui ne sont pas luisants d'eux-mêmes, comme la lune et les planètes, qui sont des corps semblables à notre terre. En effet, nous ne voyons la lune que quand et en tant qu'elle est éclairée ou *enluminée* par le soleil; et c'est aussi le cas de tous les corps terrestres, si l'on excepte les feux et les flammes qui luisent par eux-mêmes. Mais pour les autres corps qu'on nomme *corps opaques*, ils ne nous deviennent visibles qu'autant qu'ils sont éclairés par quelque autre lumière. Pendant une nuit fort obscure, ou dans une chambre tellement fermée partout, qu'il

n'y saurait entrer aucune lumière, on a beau fixer les yeux vers les objets qui se trouvent dans ces ténèbres, on n'y verra rien; mais qu'on y apporte une bougie allumée, on verra d'abord non-seulement la bougie, mais aussi les autres corps qui étaient invisibles auparavant. Voilà donc une différence très-essentielle entre les corps luisants et les autres corps qu'on nomme *opaques*. (J'avais bien ci-dessus employé ce même nom d'*opaque* pour désigner les corps qui ne sont pas transparents; mais la chose revient à peu près au même, et il faut s'accommoder à l'usage de parler, quoiqu'il y ait quelque différence.) Les corps luisants nous sont visibles par leur propre lumière, et n'ont pas besoin d'une lumière étrangère pour être vus; on les voit également étant transportés dans les plus épaisses ténèbres. Or, les corps que je nomme ici *opaques*, ne nous sont visibles que moyennant une lumière qui leur est étrangère : nous n'en voyons rien tant qu'ils sont placés dans les ténèbres; mais aussitôt qu'ils sont exposés à un corps luisant, dont les rayons puissent les frapper, nous les voyons; et ils disparaissent dès qu'on ôte cette lumière étrangère. Il n'est pas même besoin que les rayons d'un corps luisant les frappent immédiatement; un autre corps opaque, lorsqu'il est bien éclairé, produit à peu près le même effet, mais d'une manière plus faible. La lune nous en fournit un bel exemple. Nous savons que la lune est un corps opaque; mais lorsqu'elle est éclairée du soleil, et que nous la voyons de nuit, elle éclaire

faiblement tous les corps opaques sur la terre, et nous rend visibles ceux qui, sans la lune, nous seraient invisibles. Quand je me trouve de jour dans ma chambre exposée vers le nord, où les rayons du soleil ne peuvent pas entrer, il y fait pourtant clair, et j'y puis distinguer toutes les choses ; quelle serait donc la cause de cette clarté, sinon que, premièrement le ciel tout entier est éclairé du soleil, ce que nous nommons le *bleu du ciel*, ensuite les murailles vis-à-vis de ma chambre? et les autres objets sont aussi éclairés, ou immédiatement par le soleil, ou médiatement par d'autres corps opaques éclairés, et la lumière de tous ces corps opaques, mais éclairés, en tant qu'elle entre dans ma chambre, la rend claire, et cela, d'autant plus que les fenêtres sont hautes, larges et bien arrangées; les vitres des fenêtres n'y nuisent presque point, puisque le verre, comme j'ai déjà remarqué, est un corps transparent qui accorde à la lumière un libre passage. Quand je ferme bien les volets de mes fenêtres, de sorte que la lumière de dehors ne saurait plus entrer dans ma chambre, j'y suis dans les ténèbres; et à moins que je ne fasse apporter une chandelle, je n'y vois rien. Voilà donc en même temps une différence bien essentielle entre les corps luisants et les corps opaques, et aussi une ressemblance bien remarquable, qui est que les corps opaques étant éclairés, éclairent aussi les autres corps opaques, et produisent à cet égard à peu près le même effet que les corps luisant par eux-mêmes. L'explication de ce

phénomène a bien tourmenté tous les philosophes jusqu'ici; mais je me flatte de la présenter à V. A. d'une manière claire et satisfaisante.

LETTRE XXIII.

(28 juin 1760.)

Sur la manière dont les corps opaques nous deviennent visibles, et explication du sentiment de Newton, qui en met la cause dans la réflexion des rayons.

Avant que d'entreprendre l'explication du phénomène par lequel les corps opaques nous deviennent visibles lorsqu'ils sont éclairés, il faut remarquer, en général, que nous ne voyons rien que moyennant les rayons qui entrent dans nos yeux. Quand nous voyons un objet quelconque, il y a des rayons qui viennent de chaque point de cet objet, et qui, entrant dans l'œil, y peignent pour ainsi dire une image de ce même objet. Ceci n'est pas une simple conjecture, on le peut prouver par l'expérience même. On prend un œil de bœuf ou de quelque autre bête nouvellement tuée, et, après avoir découvert le fond, on y voit dépeints tous les objets qui se trouvent devant l'œil. Ainsi toutes les fois que nous voyons un objet, il y en a une image peinte sur le fond des yeux, et cette image est l'ouvrage des rayons qui proviennent de l'objet et qui entrent dans les yeux. J'aurai

l'honneur de présenter à V. A., dans la suite, une explication plus détaillée de la vision et de la manière dont les images des objets sont formées sur le fond de l'œil; à présent cette remarque générale me suffit. Donc, puisque nous ne voyons les corps opaques que lorsqu'ils sont éclairés, il y a des rayons qui proviennent de tous les points de ces corps; mais ces rayons ne subsistent que tant que les corps sont éclairés; dès qu'ils se trouvent dans les ténèbres, ces rayons s'évanouissent : d'où l'on voit que ces rayons ne sont pas propres aux corps opaques, mais que leur origine doit être cherchée dans l'illumination. Et c'est à présent la grande question, comment la seule illumination est capable de produire des rayons sur les corps opaques, ou de les mettre à peu près dans le même état où se trouvent les corps luisants, qui, par une agitation dans leurs moindres particules, produisent des rayons? Le grand Newton, de même que les autres philosophes qui ont examiné cette matière, en mettent la cause dans la réflexion : il est donc de la dernière importance que V. A. se forme une juste idée de ce qu'on nomme *réflexion*. Or, d'abord, lorsqu'un corps choque contre un autre et qu'il en est repoussé, cela se nomme *réflexion*, dont on peut voir tous les cas dans un billard. Lorsqu'on joue la bille contre le rebord ou la bande du billard, elle en rejaillit, ou bien elle en est réfléchie; et ce changement est nommé *réflexion*. Il est bon de distinguer ici deux cas. Supposons que AB (*fig.* 7) soit la bande du billard, le premier cas est, lors-

qu'on joue la bille D perpendiculairement contre la bande, suivant la direction DC, de sorte que cette ligne DC soit perpendiculaire à la bande AB, et partant, les angles ensuite ACD et BCD, droits; dans ce cas, la bille sera repoussée ou réfléchie sur la même ligne DC. L'autre cas est, lorsque la bille est jouée obliquement vers la bande, comme si l'on poussait la bille E selon la ligne EC, qui fasse avec la bande AC un angle aigu ACE, qu'on nomme l'*angle d'incidence;* alors la bille sera repoussée par la bande selon la ligne CF, en sorte que cette ligne fasse de l'autre côté avec la bande BC un angle BCF, précisément égal à l'angle d'incidence ACE. On nomme cet angle BCF sous lequel la bille est réfléchie, l'*angle de réflexion;* et on tire de là cette règle générale, que dans toutes les réflexions, l'angle d'incidence est toujours égal à l'angle de réflexion. Cette loi s'observe toujours lorsqu'un corps, dans son mouvement, rencontre des obstacles, et un boulet de canon tiré contre une muraille assez forte, qu'il ne saurait percer, en est réfléchi conformément à cette règle, que l'angle de réflexion est toujours égal à l'angle d'incidence. Cette règle s'étend de même aux sons, qui sont souvent réfléchis de certains corps, et V. A. n'ignorera pas qu'une telle réflexion des sons est nommée *écho.* Aussi n'y a-t-il point de doute qu'une telle réflexion n'ait souvent lieu dans les rayons de lumière. Les objets que nous voyons dans les miroirs nous sont représentés par la réflexion des rayons, et toutes les fois qu'une surface est bien polie, elle réfléchit

les rayons de lumière qui y tombent. Il est donc très-certain qu'il y a une infinité de cas où les rayons qui tombent sur de certains corps en sont réfléchis; et de là les philosophes ont pris occasion de soutenir que nous voyons les corps opaques par des rayons réfléchis. Je vois à présent les maisons vis-à-vis mes fenêtres, qui sont éclairées par le soleil; donc, selon le sentiment de ces philosophes, les rayons du soleil qui tombent sur la surface de ces maisons en sont réfléchis; ils entrent dans ma chambre et me rendent ces maisons visibles. C'est de la même manière, suivant ces philosophes, que nous voyons la lune et les planètes, qui sont sans contredit des corps opaques. Les rayons du soleil qui tombent sur ces corps et qui en éclairent la partie qui lui est exposée, en sont réfléchis, et parviennent de là jusqu'à nous, tout comme si ces corps étaient luisants d'eux-mêmes. Donc, suivant ce sentiment, nous ne voyons la lune et les planètes que moyennant les rayons du soleil qui en sont réfléchis, et V. A. aura déjà bien souvent entendu dire que la lumière de la lune est une réflexion de la lumière du soleil. De la même manière, dit-on, les corps opaques éclairés du soleil, quand ils jettent leurs rayons réfléchis sur d'autres corps opaques, en sont de nouveau réfléchis, et ceux-ci, en tombant encore sur d'autres, y souffrent une troisième réflexion, et ainsi de suite. Mais quelque probable que puisse paraître ce sentiment au premier coup d'œil, dès qu'on l'examine de plus près, il renferme tant d'absurdi-

tés, qu'il est absolument insoutenable, comme j'aurai l'honneur de le prouver invinciblement à V. A., afin de lui présenter ensuite la véritable explication de ce phénomène.

LETTRE XXIV.

(1er juillet 1760.)

Examen et réfutation de ce sentiment.

Je dis donc que lorsque nous voyons un corps opaque éclairé par le soleil, que c'est un sentiment absolument insoutenable de dire que les rayons en soient réfléchis, et que ce soit par ces rayons que nous voyons le corps. L'exemple d'un miroir qui réfléchit sans contredit les rayons, et dont on se sert pour prouver ce sentiment, prouve plutôt le contraire. Le miroir réfléchit sans doute les rayons qui y tombent; mais lorsque ces rayons réfléchis entrent dans nos yeux, qu'est-ce qu'ils représentent? V. A. m'avouera d'abord que ce n'est pas le miroir d'où ces rayons nous sont renvoyés, qu'ils nous représentent; ils nous représentent les objets d'où ils sont partis originairement, et la réflexion ne fait autre chose, sinon que nous voyons ces objets dans un autre lieu. Aussi, ne voyons-nous pas ces objets dans la surface du miroir, mais plutôt au dedans; et on

peut bien dire que le miroir même nous demeure invisible. Mais en regardant un corps opaque éclairé par le soleil, nous n'y voyons pas le soleil; nous voyons effectivement la surface du même corps avec toutes les variations qui s'y trouvent, d'où l'on doit reconnaître une différence très-essentielle entre les rayons qui sont réfléchis d'un miroir et ceux par lesquels nous voyons les corps opaques. Mais il y a encore une autre différence aussi palpable dans le miroir; car en changeant les objets devant le miroir, seulement leur place, ou notre propre situation, l'apparition changera toujours, et les rayons réfléchis du miroir représenteront dans nos yeux continuellement d'autres images qui répondent à la nature et à la position des objets, et au lieu où nous sommes postés; et comme j'ai déjà remarqué, ces rayons réfléchis ne nous présentent jamais le miroir même. Or, soit qu'un corps soit éclairé par le soleil ou d'autres corps luisants, ou opaques déjà éclairés, de quelque manière aussi que ce corps change de place, ou que nous en changions nous-mêmes par rapport à ce corps, l'apparition en est toujours la même; nous voyons toujours le même objet, et nous n'y remarquons aucun changement qui se rapporterait aux diverses circonstances susdites; ce qui me fournit une nouvelle preuve que nous ne voyons point les corps opaques par des rayons réfléchis de leur surface. Je prévois ici une objection tirée du cou des pigeons et de certaines espèces d'étoffes qui nous offrent des spectacles différents,

selon que notre point de vue change; mais cela n'affaiblit en aucune manière ma conclusion à l'égard des corps opaques ordinaires qui ne sont pas assujettis à un tel changement. Car cette objection ne prouve autre chose, sinon que ces objets singuliers sont doués de certaines qualités, comme, par exemple, que leurs moindres particules sont bien polies, et qu'il arrive une véritable réflexion, outre la manière ordinaire et commune dont tous les corps nous sont visibles. Or, on comprend aisément qu'une telle réflexion doit être bien distinguée de la manière dont les corps opaques ordinaires sont éclairés. Enfin, les rayons réfléchis d'un miroir nous représentent aussi toujours les couleurs des corps d'où ils proviennent originairement, et le miroir où se fait la réflexion n'y change rien. Or, un corps opaque illuminé par quelque autre corps, de quelque manière qu'il soit éclairé, nous présente toujours les mêmes couleurs; et on peut dire que chaque corps a sa propre couleur. Cette circonstance renverse absolument le sentiment de tous ceux qui prétendent que nous voyons les corps opaques par le moyen des rayons qui sont réfléchis de leur surface. En joignant ensemble toutes les raisons que je viens d'expliquer à V. A., elle ne balancera pas de prononcer que ce sentiment ne saurait être soutenu en aucune façon dans la philosophie, ou plutôt dans la physique. Cependant, je ne saurais me flatter que les philosophes trop attachés à leurs sentiments une fois reçus, se rendent à ces raisons; mais les physiciens,

qui sont plus étroitement liés avec les mathématiciens, font moins de difficulté de changer de sentiment sur des raisons aussi fortes. V. A. se rappellera encore ici ce que Cicéron a dit sur ce sujet, que rien ne saurait être imaginé de si absurde, qui ne soit soutenu par quelque philosophe. En effet, quelque étrange que puisse paraître à V. A. le commun sentiment que je viens de réfuter, il a été soutenu et défendu jusqu'ici avec beaucoup de chaleur. On ne saurait dire que les inconvénients et les contradictions que je viens de mettre sous les yeux de V. A. fussent inconnus aux partisans de ce sentiment. Le grand Newton en a lui-même bien senti la force; mais, comme il s'est arrêté à la plus étrange idée sur la propagation des rayons, il ne faut pas être surpris qu'il ait pu digérer ces grandes incongruités; et, en général, la grandeur de l'esprit ne garantit jamais d'absurdité des sentiments qu'on a une fois embrassés. Mais si ce sentiment, que les corps opaques sont vus par des rayons réfléchis, est faux, disent ses partisans, quelle est donc la véritable explication? Il leur semble même qu'il est impossible d'imaginer une autre explication de ce phénomène, et d'ailleurs il est trop difficile et trop humiliant pour un philosophe d'avouer son ignorance sur quelque article que ce soit. Il vaut toujours mieux soutenir les plus grandes absurdités, surtout quand on possède le secret de les envelopper dans des termes obscurs que personne ne peut comprendre; car alors le vulgaire relève d'autant plus les savants, en s'ima-

ginant que ces obscurités leur sont fort lumineuses. Du moins il est toujours fort suspect, lorsque les savants se vantent de connaissances si sublimes, qu'ils ne sauraient rendre intelligibles. J'espère expliquer le phénomène en question, de façon que V. A. n'y trouvera rien qui soit difficile à comprendre.

LETTRE XXV.

(5 juillet 1760.)

Autre explication de la manière dont les corps éclairés nous sont visibles.

Tous les phénomènes sur les corps opaques, que j'ai développés dans ma précédente lettre, prouvent invinciblement que lorsque nous voyons un corps opaque éclairé, ce n'est pas par des rayons réfléchis de sa surface que nous le voyons, mais que les moindres particules dans sa surface se trouvent actuellement dans une agitation semblable à celle dont les moindres particules des corps luisants sont ébranlées, avec cette différence cependant que l'agitation dans les corps opaques n'est pas, à beaucoup près, si forte que dans les corps luisant d'eux-mêmes, attendu qu'un corps opaque, quelque éclairé qu'il soit, ne fait jamais dans l'œil une impression si vive que les corps luisants. Puisque nous voyons les corps opaques mêmes, et

point du tout les images des corps luisants qui les éclairent, comme il devrait arriver si nous les voyions réfléchis de leur surface, il faut que les rayons par lesquels nous les voyons leur soient propres et leur appartiennent aussi étroitement que les rayons des corps luisants leur appartiennent. Donc, tant qu'un corps opaque est éclairé, les moindres particules dans sa surface se trouvent dans une agitation propre à produire dans l'éther un mouvement de vibration tel qu'il faut pour former des rayons, et pour peindre dans nos yeux l'image de leur original. Pour cet effet, il faut que de chaque point de la surface il soit répandu des rayons en tous sens, ce que l'expérience confirme aussi évidemment, puisque, de quelque côté que nous regardions un corps opaque, nous le voyons également dans tous ces points; d'où il s'ensuit que chaque point envoie des rayons en tous sens. Cette circonstance distingue ces rayons essentiellement des rayons réfléchis, dont la direction est toujours déterminée par celle des rayons incidents, de sorte que si les rayons incidents viennent d'une seule région, comme du soleil, les rayons réfléchis ne suivraient qu'une seule direction. Nous reconnaissons donc que dès qu'un corps opaque est éclairé, toutes les moindres particules qui se trouvent dans sa surface en sont mises dans une certaine agitation, par laquelle sont produits des rayons, comme j'ai fait voir que cela arrive dans les corps luisant par eux-mêmes. Cette agitation est aussi d'autant plus forte, que la lumière qui éclaire est efficace;

ainsi, le même corps étant exposé au soleil est beaucoup plus vivement agité que s'il est simplement éclairé dans une chambre par le clair du jour, ou de nuit par une bougie, ou seulement par le clair de la lune. Dans le premier cas, son image est beaucoup plus vivement peinte sur le fond de l'œil que dans les autres, et surtout dans le clair de la lune, dont l'illumination suffit à peine à distinguer ou à lire une écriture fort grosse; et lorsqu'on transporte le corps opaque dans une chambre obscure, ou dans les ténèbres, on n'en voit plus rien, ce qui est une marque certaine que l'agitation dans ses parties a tout à fait cessé, et qu'elles se trouvent en repos. Voilà donc en quoi consiste la nature des corps opaques : c'est que leurs particules d'elles-mêmes sont en repos, ou du moins destituées d'une telle agitation qu'il faut pour produire de la lumière ou des rayons; mais ces mêmes particules ont une telle disposition que, lorsqu'elles sont éclairées, ou que des rayons de lumière y tombent, elles en sont d'abord mises dans un certain ébranlement ou mouvement de vibration propre à produire des rayons; et plus la lumière qui éclaire ces corps est vive, plus aussi l'agitation sera forte. Donc, tant qu'un corps opaque est éclairé, il se trouve dans le même état que les corps luisants, ses moindres particules étant agitées d'une manière semblable, et capable d'exciter des rayons dans l'éther. Mais il y a cette différence, que dans les corps luisants cette agitation subsiste d'elle-même, ou est entretenue par une force intrinsèque,

au lieu que dans les corps opaques cette agitation est accessoire, n'étant produite que par la lumière qui les éclaire, et qu'elle est entretenue par une force étrangère qui ne réside pas dans le corps même, mais dans l'illumination. Cette explication satisfait à tous les phénomènes, et n'est assujettie à aucun inconvénient semblable à ceux qui nous ont fait abandonner l'autre explication, fondée sur la réflexion. Quiconque voudra bien peser toutes ces circonstances, n'en disconviendra point. Mais il reste encore une très-grande difficulté : il s'agit d'expliquer comment la simple illumination dont un corps opaque est éclairé, est capable de mettre les moindres particules de ce corps dans une agitation qui produise des rayons, et que cette agitation demeure à peu près toujours semblable à elle-même, quelque différence qui se trouve dans l'illumination. J'avoue que si l'on ne pouvait répondre à cette question, ce serait un grand défaut dans ma théorie, quoiqu'elle n'en fût point renversée; car il n'y a là rien de révoltant. La seule chose que j'ignorerais, savoir, comment l'illumination produit une agitation dans les moindres particules des corps opaques, ne marquerait qu'une imperfection dans ma théorie; et à moins qu'on ne puisse démontrer l'impossibilité absolue que l'illumination produise un tel effet, mon sentiment pourra toujours subsister. Mais je suppléerai aussi à ce défaut, et je ferai voir à V. A., très-clairement, comment l'illumination agite les moindres particules des corps.

LETTRE XXVI.

(8 juillet 1760.)

Continuation de cette explication.

Je me suis engagé à faire comprendre à V. A. comment l'illumination d'un corps opaque doit produire dans ses moindres particules une agitation propre à exciter des rayons de lumière qui nous rendent visible ce même corps opaque. Le parallèle entre le son et la lumière, qui ne diffèrent que du plus au moins, la lumière étant la même chose à l'égard de l'éther que le son à l'égard de l'air, ce parallèle, dis-je, me mettra en état de m'acquitter de mon engagement. Les corps luisants doivent être comparés à des instruments de musique mis en action, ou qui sonnent actuellement. Il est ici indifférent si c'est par une force intrinsèque qu'ils sonnent, ou qu'ils soient touchés par des forces étrangères; il suffit à mon dessein qu'ils sonnent et fassent du bruit. Or, les corps opaques, en tant qu'ils ne sont pas éclairés, doivent être comparés à des instruments de musique hors d'action, ou bien à des cordes tendues en repos, qui ne rendent aucun son. Maintenant, notre question étant transportée de la lumière au son, se réduit à celle-ci: Si une corde tendue en repos, lorsqu'elle se trouve dans le bruit des instruments

de musique, en reçoit quelque agitation, et commence à sonner sans qu'elle soit touchée actuellement? Or, l'expérience nous apprend que cela arrive en effet. Si V. A. veut bien prendre la peine de considérer une corde tendue pendant un concert, ou seulement pendant un bruit de toutes sortes d'instruments de musique, elle remarquera que cette corde commencera à trembler sans qu'on y ait touché, et qu'elle donnera le même son que si elle avait été touchée. Cette expérience réussit encore mieux si les instruments rendent le même son de la corde. Que V. A. considère attentivement les cordes d'un clavecin où l'on ne joue pas, pendant qu'un violon joue le son *a*, par exemple, bien fort, et V. A. remarquera que sur le clavecin la corde de ce même son commencera à trembler assez sensiblement, même à sonner, sans qu'elle ait été touchée; quelques autres cordes aussi seront pareillement agitées, comme celles qui tiennent au son, qu'on joue une octave, ou une quinte, et souvent aussi une tierce, pourvu que l'instrument soit parfaitement accordé. Ce phénomène est très-bien connu des musiciens, et M. Rameau, ce grand compositeur en France, y établit ses principes de l'harmonie. Il prétend que les octaves, quintes et tierces, doivent être connues pour des consonnances, par cette seule raison, puisqu'une corde est agitée par le seul son d'une autre corde, qui est ou le même que celui que la première corde rendrait, ou qui y tient l'intervalle d'une octave, ou d'une quinte, ou d'une tierce. Mais il faut convenir que

les principes de l'harmonie sont si bien établis par la simplicité des rapports que les sons tiennent entre eux, qu'ils n'ont pas besoin d'un nouveau soutien. Le phénomène dont je parle est plutôt une conséquence fort naturelle des principes de l'harmonie. Pour rendre cela plus sensible, considérons deux cordes accordées à rendre le même son, et en frappant l'une, l'autre commencera d'elle-même à trembler et à sonner. La raison en est aussi assez claire : car de la même manière qu'une corde, en tremblant, communique à l'air un mouvement semblable de vibration, ainsi l'air réciproquement, étant agité d'un tel mouvement de vibration, est capable de faire trembler la corde, pourvu que par sa tension elle soit susceptible d'un semblable mouvement. L'air, étant agité d'un mouvement de vibration, frappe à chaque coup tant soit peu la corde, et la réitération de plusieurs coups par chaque vibration imprime bientôt à la corde un mouvement sensible, puisque les vibrations auxquelles elle est disposée par sa tension conviennent avec celles qui se trouvent dans l'air. Si le nombre des vibrations dans l'air est la moitié ou le tiers, ou tel que le rapport soit assez simple, alors la corde ne reçoit pas à chaque vibration une nouvelle impulsion, comme dans le cas précédent, mais pourtant à la seconde, ou troisième, ou quatrième, etc., ce qui continuera à augmenter son tremblement, mais non pas si fort que dans le premier cas. Mais si le son dans l'air ne tient aucun rapport simple à celui qui convient à la corde, l'a-

gitation de l'air ne produit aucun effet sur la corde; car puisque les vibrations de la corde, s'il y en avait, ne se rencontrent pas avec celles de l'air, les impulsions suivantes de l'air détruisent, pour la plupart, l'effet que les premières peuvent avoir produit; ce que l'expérience confirme aussi admirablement bien. Donc, pour qu'une corde soit ébranlée par le seul bruit d'un son, l'effet sera plus sensible quand le son dans l'air est précisément le même que celui de la corde. D'autres sons qui ont avec celui de la corde une consonnance produiront bien un semblable effet, mais moins sensible, et les dissonances n'en produisent aucun. Cette circonstance a lieu, non-seulement dans les cordes, mais aussi dans tous les autres corps sonores. Une cloche sonnera par le seul bruit d'une autre cloche qui y tient une belle harmonie, c'est-à-dire, ou le même son, ou l'octave, ou la quinte, ou la tierce. L'histoire nous fournit aussi un bel exemple dans les verres à boire. Il y avait un homme qui cassait les verres par son cri. Quand on lui présentait un verre, il examinait d'abord le son de ce verre en y frappant, ensuite il criait sur le même ton sur le verre, et le verre commençait à s'ébranler; alors il augmentait sa voix de toutes ses forces, toujours sur le même ton, et l'ébranlement du verre devenait enfin si fort, que le verre se brisait en petits morceaux. Il est donc très-certain et confirmé par l'expérience qu'une corde et tout autre corps sonore sont mis en agitation par le seul bruit d'un son consonnant; ainsi donc le même phénomène doit

avoir lieu dans les corps opaques qui pourront être mis en agitation par la seule illumination; ce qui était la question que je m'étais proposé de résoudre. L'ordinaire prochain, j'en ferai l'explication plus détaillée.

LETTRE XXVII.

(12 juillet 1760.)

Fin de cette explication, et sur la clarté et la couleur des corps opaques éclairés.

Après ce que je viens d'exposer, V. A. ne sera plus surprise qu'un corps puisse recevoir par la seule illumination une agitation dans ses moindres particules, semblable à celle dont les particules des corps luisants sont agitées, et qui les rend propres à produire des rayons qui les rendent visibles; et ainsi ce grand obstacle qui paraissait s'opposer à mon explication de la visibilité des corps opaques est heureusement levé, pendant que l'autre explication, fondée sur la réflexion des rayons, rencontre d'autant plus de difficultés qu'on en veut faire l'application aux phénomènes connus. C'est donc une vérité bien constatée, que de tous les corps que nous voyons, les moindres particules dans leur surface se trouvent dans une certaine agitation, ou un mouvement de vibration semblable à celui d'une corde pincée, mais incomparablement plus vif et plus rapide, soit que cette agitation soit l'effet d'une

force intrinsèque, comme dans les corps luisant d'eux-mêmes, soit qu'elle soit produite par des rayons de lumière qui tombent sur les corps, c'est-à-dire, par l'illumination, comme il arrive dans les corps opaques. Il est donc faux que la lune étant un corps opaque réfléchisse les rayons du soleil, et que ce soit par cette lumière réfléchie que nous la voyons, comme on le croit en général; mais les rayons du soleil qui tombent sur la surface de la lune excitent ses particules à un ébranlement semblable, d'où résultent les rayons de la lune, qui, entrant dans nos yeux, y peignent son image; et c'est le cas des planètes et de tous les corps opaques. Cette agitation des moindres particules des corps opaques, lorsqu'ils sont éclairés, ne dure pas plus longtemps que l'illumination qui en est la cause; et aussitôt qu'un corps opaque n'est plus éclairé, nous ne le voyons plus. Mais ne pourrait-il pas arriver qu'une telle agitation imprimée une fois aux moindres particules d'un corps opaque se conserve encore pendant quelque temps, comme nous voyons qu'une corde, une fois pincée, continue souvent à trembler pendant longtemps? Je ne saurais nier que ce cas ne soit possible, et je crois même qu'il existe actuellement dans ces matières que notre M. Margraff a présentées à V. A., lesquelles étant une fois éclairées, quand on les transporte dans une chambre obscure, y conservent encore quelque temps leur lumière. Cependant, c'est un cas très-extraordinaire; et dans tous les autres corps l'ébranlement des moindres particules

s'évanouit avec l'illumination qui l'a causé. Mais cette explication, qui jusqu'ici se soutient parfaitement bien, me conduit à des recherches encore plus importantes. D'abord, il n'y a point de doute que parmi les moindres particules des corps opaques il ne se trouve une différence infinie selon la variété des corps mêmes : il y en aura qui seront plus susceptibles d'un mouvement de vibration, et il y en aura qui le seront moins, et même qui n'en sauraient recevoir aucun. Cette différence ne se rencontre que trop évidemment dans les corps. Un corps dont les particules reçoivent facilement l'impression des rayons qui y tombent, nous paraît brillant; un autre, au contraire, où les rayons ne causent presque aucune agitation, nous doit paraître obscur et ténébreux. Parmi plusieurs corps également éclairés, V. A. remarquera toujours une grande différence, quelques-uns étant plus clairs et plus brillants que les autres. Mais il doit y avoir encore une autre différence bien remarquable parmi les moindres particules des corps opaques, à l'égard du nombre des vibrations que chacune, étant agitée, rendra dans un certain temps. J'ai déjà remarqué que ce nombre doit toujours être fort grand, et que la subtilité de l'éther en demande plusieurs milliers dans une seconde. Mais il peut y avoir une différence infinie, si quelques particules emploient, par exemple, 10 000 vibrations dans une seconde, et que d'autres en emploient 11 000, 12 000, 13 000, etc., selon la petitesse, la tension et l'élasticité de chacune, de même qu'il arrive dans les

cordes de musique, où le nombre de vibrations rendues dans une seconde peut varier à l'infini; et c'est de là que j'ai déduit la différence des sons graves et aigus, ou bien des sons bas et hauts. Comme cette différence est essentielle dans les sons, et que l'ouïe en est affectée d'une manière si particulière, que c'est sur cette différence qu'est fondée toute l'harmonie de la musique, on ne saurait douter qu'une semblable différence dans la fréquence des vibrations des rayons de lumière ne produise un effet tout particulier et une différence très-essentielle dans la vision. Si une particule, par exemple, fait 10 000 vibrations dans une seconde, et produit des rayons de la même espèce, les rayons qui entrent dans l'œil y frapperont le fond, ou les nerfs qui s'y trouvent, 10 000 fois dans une seconde; et cet effet, ainsi que la sensation, doivent être tout à fait différents de ceux que produirait une autre particule, qui ferait plus ou moins de vibrations dans une seconde. Il y aura dans la vision une différence semblable à celle que sent l'ouïe en écoutant des sons graves ou aigus. V. A. sera bien curieuse d'apprendre à quoi se réduit cette différence dans la vision, et si nous distinguons en effet les objets dont les particules sont mises en mouvement de vibration plus ou moins dans une seconde. Là-dessus, j'ai l'honneur de dire à V. A. que c'est la diversité des couleurs qui est causée par cette différence; de sorte que, par rapport à la vue, les couleurs sont la même chose que les différents sons hauts ou bas par rapport à l'ouïe.

Voilà donc une grande question dont la résolution s'est offerte d'elle-même, sans que nous l'ayons cherchée. C'est la question sur la nature des couleurs qui a tourmenté de tout temps les philosophes. Quelques-uns ont dit que c'est une certaine modification de la lumière, qui nous est absolument inconnue. Descartes prétend que toutes les couleurs ne sont qu'un certain mélange de la lumière et de l'ombre; et Newton en cherche la raison dans les rayons du soleil, qui, selon lui, sont des émanations réelles, et il croit que leur matière pourrait être plus ou moins subtile; d'où il établit des rayons de toutes couleurs, rouges, jaunes, verts, bleus et violets. Mais ce système tombant de lui-même, tout ce qu'on a dit jusqu'ici sur les couleurs revient à ceci, que nous n'en savons rien du tout. Or, à présent V. A. comprend très-clairement que la nature de chaque couleur consiste dans un certain nombre de vibrations dont les particules, qui nous présentent cette couleur, sont agitées dans un certain temps.

LETTRE XXVIII.

(15 juillet 1760.)

Sur la nature des couleurs en particulier.

L'ignorance de la véritable nature des couleurs a entretenu de tout temps de grandes disputes parmi les philosophes; chacun s'est efforcé de briller par quelque sentiment particulier sur ce sujet. Le sen-

timent que les couleurs résident dans les corps mêmes leur parut trop commun, et peu digne d'un philosophe, qui doit toujours s'élever au-dessus du vulgaire. Puisque le paysan s'imagine que tel corps est rouge, l'autre bleu et un autre vert, le philosophe ne saurait mieux se distinguer qu'en soutenant le contraire : il dit donc que les couleurs n'ont rien de réel, qu'il n'y a rien dans les corps qui s'y rapporte. Les newtoniens mettent les couleurs uniquement dans les rayons qu'ils distinguent, selon les couleurs, en rouges, jaunes, verts, bleus et violets; et ils disent qu'un corps nous paraît de telle ou telle couleur, lorsqu'il réfléchit des rayons de cette espèce. D'autres, auxquels ce sentiment paraît trop grossier, prétendent que les couleurs n'existent que dans le sentiment. C'est le meilleur moyen pour couvrir son ignorance, sans lequel le peuple pourrait croire que le savant ne connaîtrait pas mieux la nature des couleurs que lui. Mais à présent, à entendre parler les savants, on s'imagine qu'ils possèdent les plus profonds mystères, quoiqu'ils n'en sachent pas plus que le paysan, et peut-être encore moins. V. A. reconnaîtra aisément que ces apparentes subtilités ne sont que des chicanes. Chaque couleur simple (pour la distinguer des couleurs composées) est attachée à un certain nombre de vibrations qui s'achèvent dans un certain temps; de sorte qu'un tel nombre de vibrations rendues dans une seconde détermine la couleur rouge; un autre, la couleur jaune; un autre, la verte; un autre, la bleue, et un autre la violette, qui

sont les couleurs simples, comme l'arc-en-ciel nous les représente. Donc, si les particules de la surface de quelques corps sont tellement disposées, qu'étant agitées elles rendent dans une seconde autant de vibrations que, par exemple, la couleur rouge exige, je nomme ce corps *rouge*, tout comme les paysans; et je ne vois aucune raison de m'écarter de la manière reçue de parler. Ensuite, les rayons qui renferment aussi autant de vibrations dans une seconde pourront être nommés *rouges* avec autant de droit; et enfin, quand les nerfs du fond de l'œil sont affectés par ces mêmes rayons, et qu'ils en sont frappés autant de fois dans une seconde, ils excitent la sensation de la couleur rouge. Ici tout est clair, et je ne vois aucune nécessité d'introduire des phrases obscures et mystérieuses, qui au fond n'aboutissent à rien. Le parallèle entre le son et la lumière est si parfait, qu'il se soutient même dans les moindres circonstances. Quand j'alléguai le phénomène d'une corde tendue, qui peut être agitée par le seul bruit de quelques sons, V. A. se souviendra que le même son que la corde rendrait étant touchée est le plus efficace à ébranler cette corde, et que d'autres sons n'y produisent d'effet qu'autant qu'ils font avec la corde une belle consonnance. Il en est exactement de même de la lumière et des couleurs, puisque les différentes couleurs répondent aux différents sons de la musique. Pour faire voir ce bel et merveilleux phénomène, qui confirme le plus fortement mon système, on prépare une chambre obscure; on y

fait un petit trou dans un volet, devant lequel on place, à quelque distance, un corps d'une certaine couleur, comme, par exemple, un morceau de drap rouge, en sorte que, lorsqu'il est bien éclairé, ses rayons entrent par le trou dans la chambre obscure. Ce seront donc des rayons rouges qui entrent dans la chambre, l'entrée de toute autre lumière étant défendue. Maintenant, lorsqu'on tient dans la chambre, vis-à-vis du trou, un morceau de drap de la même couleur, on le verra parfaitement bien éclairé, et sa couleur rouge paraîtra fort brillante; mais si on tient à la même place un morceau de drap vert, il demeurera obscur, et on ne verra presque rien de sa couleur. Or, si l'on met hors de la chambre, devant le trou, un morceau de drap aussi vert et bien éclairé, le morceau vert dans la chambre en sera parfaitement bien éclairé, et sa couleur verte paraîtra fort vive. Il en est de même de toutes les autres couleurs; et je crois qu'on ne saurait prétendre une preuve plus éclatante de mon système. De là nous apprenons donc que, pour éclairer un corps d'une certaine couleur, il faut que les rayons qui y tombent pour l'éclairer aient la même couleur, les rayons d'un autre corps n'étant pas capables d'agiter les particules de ce corps. Cela se prouve aussi par une expérience fort connue. Lorsqu'on allume de l'esprit-de-vin dans une chambre, V. A. sait que la flamme de l'esprit-de-vin est bleue, et ainsi elle ne produit que des rayons bleus; dans cette chambre donc, toutes les personnes qui s'y trouvent paraissent fort pâles, et leurs visages

comme des mourants, quelque fardés ou teints de rouge qu'ils puissent être. La raison en est évidente, car les rayons bleus ne sont pas capables d'exciter ou d'ébranler la couleur rouge dans le visage, ce n'est qu'une couleur bleuâtre et fort faible qu'on y voit; mais si quelqu'un a un habit bleu, cet habit paraîtra à son tour tout à fait brillant. Or, les rayons du soleil, ceux d'une bougie ou d'une chandelle ordinaire, éclairent tous les corps à peu près également; d'où l'on conclut que les rayons du soleil renferment toutes les couleurs à la fois, quoique son teint paraisse jaunâtre. Et en effet, lorsqu'on laisse entrer dans une chambre obscure des rayons de toutes couleurs simples, des rouges, jaunes, verts, bleus et violets, en égale quantité à peu près, et qu'on les rassemble, ils présentent une couleur blanchâtre. On fait aussi la même expérience avec plusieurs poudres des couleurs mentionnées, et, en les mêlant bien ensemble, il en résulte une couleur blanchâtre. On tire de là cette conclusion, que la couleur blanche n'est rien moins qu'une couleur simple, mais qu'elle est plutôt un mélange de toutes les couleurs simples; aussi voyons-nous que le blanc est également propre à recevoir toutes les couleurs. Pour le noir, il n'est pas proprement une couleur: lorsque les particules d'un corps sont si lourdes qu'elles ne sauraient recevoir aucun mouvement de vibration, ce corps est noir; ou bien, un corps qui ne produit pas des rayons est noir. Ainsi, le défaut des rayons produit cette couleur; et plus il se trouve sur la surface de quelque corps

de telles particules qui ne sont susceptibles d'aucun mouvement de vibration, plus il paraît obscur et noirâtre (1).

LETTRE XXIX.

(28 juillet 1760.)

Sur la transparence des corps, relative au passage des rayons.

J'ai déjà remarqué qu'il y a certains corps qui transmettent les rayons de lumière qu'on nomme *transparents*, *pellucides* et *diaphanes*, comme le verre, l'eau, et surtout l'air. C'est cependant l'éther qui est le milieu le plus naturel dans lequel se forment les rayons de lumière, et les autres matières transparentes n'ont cette qualité qu'à cause de l'éther qu'elles contiennent, et avec lequel elles sont tellement entremêlées, que les agitations qui y sont excitées par la lumière se peuvent communiquer plus loin sans être arrêtées. Mais cette transmission ne se fait jamais si librement que dans l'éther pur, et il s'en perd toujours quelque chose; et cela d'autant plus, que le corps transparent est plus épais. L'épaisseur peut même devenir si grande, que toute la lumière s'y perd, et alors le corps n'est plus transparent. Ainsi, quoique le verre soit un corps transparent, un grand morceau

(1) *Voyez*, sur la nature des couleurs et sur les causes de la visibilité des corps opaques, les lettres I, II, III et IV de la IIIe partie (tome II), et la note mise à la suite de la lettre III.

de verre de quelques pieds de grosseur n'est plus transparent, et l'on ne saurait rien voir à travers. De même, quelque pure que soit l'eau d'une rivière dans l'endroit où elle est très-profonde, on ne saurait voir le fond, qu'on voit cependant très-bien où l'eau n'est pas profonde. Ainsi la transparence n'est qu'une propriété des corps relative à leur épaisseur; et quand on attribue cette propriété au verre, à l'eau, etc., il faut toujours l'entendre avec cette restriction : lorsque l'épaisseur de ces corps n'est pas trop grande; et pour chaque espèce il y a une certaine mesure d'épaisseur, laquelle étant passée, le corps n'est plus transparent. Au contraire, il n'y a point de corps opaque, qu'on oppose au transparent, qui ne devienne enfin transparent, lorsqu'on le réduit à une lame extrêmement mince. Ainsi, quoique l'or ne soit pas transparent, les feuilles d'or sont pourtant transparentes; et en regardant les plus petites particules de tous les corps par un microscope, on les trouve transparentes. On pourrait donc dire que tous les corps sont transparents lorsqu'on les fait minces; et aussi, qu'aucun corps n'est transparent lorsqu'il est trop épais. Or, selon la manière de parler, on nomme *corps transparents* ceux qui conservent cette qualité jusqu'à un certain degré d'épaisseur, quoiqu'ils la perdent lorsqu'ils sont plus épais. Mais pour ce qui regarde l'éther, il est, en vertu de sa nature, absolument et parfaitement transparent, et son étendue ne diminue rien du tout dans sa transparence. La pro-

digieuse distance des étoiles fixes (que V. A. daigne se le rappeler) n'empêche point que leurs rayons ne soient transmis jusqu'à nous; mais si notre air, quoiqu'il paraisse parfaitement transparent, s'étendait jusqu'à la lune, il perdrait toute sa transparence, et aucun rayon du soleil et des autres corps célestes ne saurait plus pénétrer jusqu'à nous : nous nous trouverions dans le cas des ténèbres égyptiennes. La raison en est assez évidente, et nous remarquons la même chose dans le son, dont la ressemblance à la lumière se confirme à tous égards. L'air est le milieu naturel au travers duquel le son est transmis; mais les agitations excitées dans l'air sont capables d'ébranler aussi les particules de tous les corps, et celles-ci, en mettant en mouvement les intérieures, transmettent enfin les agitations à travers tous les corps, à moins qu'ils ne soient trop épais. Ainsi il y a des corps qui, par rapport au son, sont la même chose que les corps transparents par rapport à la lumière; et enfin tous les corps ont cette propriété par rapport au son, pourvu qu'ils ne soient pas trop épais. En effet, V. A., étant dans sa chambre, entend presque tout ce qui se passe dans l'antichambre, quoique les portes soient bien fermées: c'est que l'agitation de l'air dans l'antichambre se communique aux murailles, par lesquelles l'agitation pénètre dans la chambre même, mais pourtant avec quelque perte. Si l'on ôtait les murailles, V. A. entendrait sans doute plus distinctement. Or, plus les murailles sont épaisses, plus aussi le son

perd de sa force en les traversant; et les murailles pourraient être si épaisses, qu'on n'entendrait plus rien de tout ce qui se passerait dehors, à moins que cela ne fût un bruit terrible, comme le coup d'un canon. Cela me mène à une nouvelle remarque, que des sons très-forts peuvent bien passer par des murailles qui sont impénétrables à des sons plus faibles; et par conséquent, pour juger si une muraille est capable de transmettre les sons, il ne suffit pas d'avoir égard à l'épaisseur de la muraille, il faut aussi tenir compte de la force du son. Si le son est très-faible, une muraille fort mince serait capable de l'arrêter, quoiqu'elle pût transmettre un son plus fort. Il en est de même des corps transparents qui peuvent accorder le passage à une lumière très-forte, pendant qu'on ne voit pas au travers d'eux des objets peu brillants. Quand on noircit un verre avec de la fumée, on ne voit plus à travers des objets peu brillants; mais en regardant le soleil par un tel verre, on le voit fort distinctement. C'est le moyen dont les astronomes se servent pour observer le soleil, qui sans cela éblouirait les yeux. Et quand on se trouve dans une chambre obscure, où il y a un trou dans le volet vers le soleil, on a beau couvrir de la main ce trou, la lumière du soleil passera au travers de la main. Cependant on voit que la lumière du soleil perd beaucoup de son éclat en passant par un tel corps, qui, par rapport à d'autres objets, n'est pas même transparent. Mais une lumière très-forte peut perdre beaucoup de son éclat

avant qu'elle soit entièrement éteinte, pendant qu'une lumière plus faible se perd bientôt. Ainsi un morceau de verre fort épais sera bientôt non transparent à l'égard des objets peu brillants, mais on verra pourtant le soleil à travers. Ces remarques sur les corps transparents me conduisent à la théorie de la réfraction, dont V. A. aura déjà entendu parler bien souvent, et que je tâcherai de mettre en tout son jour dans la suite.

LETTRE XXX.

(22 juillet 1760.)

Sur le passage des rayons de lumière par les milieux transparents, et sur leur réfraction.

Tant que la lumière avance par le même milieu, soit que ce soit l'éther, ou l'air, ou quelque autre corps transparent, la propagation se fait selon des lignes droites, qu'on nomme *rayons*, puisqu'ils partent du point luisant en tous sens, de même que les rayons d'un cercle ou d'un globe partent du centre. Dans le système de l'émanation, les particules lancées du corps luisant se meuvent en des lignes droites, et il en est de même dans le véritable système que j'ai eu l'honneur de proposer à V. A., où les agitations se communiquent selon des lignes droites, de la même manière que le son d'une cloche est transmis jusqu'à nous par une ligne droite,

par laquelle nous jugeons aussi de quelle contrée le son vient; donc, dans l'un et l'autre système, les rayons nous sont représentés par des lignes droites, tant qu'ils passent par le même milieu transparent; mais ils peuvent souffrir quelque inflexion quand ils passent d'un milieu transparent dans un autre, et cette inflexion est ce qu'on nomme la *réfraction des rayons de lumière*, dont la connaissance est de la dernière importance dans une infinité de phénomènes. Je vais donc expliquer à V. A. les lois conformément auxquelles la réfraction se fait.

D'abord, c'est une loi constante que, lorsqu'un rayon comme EC (*fig.* 8) tombe perpendiculairement sur la surface AB d'un autre milieu, il continue sa route suivant la même ligne droite prolongée comme CF. Il ne souffrira pour lors aucune inflexion ou réfraction. Ainsi, si EC est un rayon du soleil qui tombe perpendiculairement sur la surface AB de l'eau ou du verre, il y entrera selon la même direction, et continuera sa route selon la ligne CF, aussi perpendiculaire à la surface AB, de sorte que EF soit une même ligne droite. Or, c'est le seul cas où il n'y a point de réfraction; mais toutes les fois que le rayon ne tombe pas perpendiculairement sur la surface d'un autre corps transparent, il n'y continue pas sa route suivant la même ligne droite; il s'en écartera plus ou moins, et il souffrira une réfraction.

Soit PC (*fig.* 9) un rayon qui tombe obliquement sur la surface AB d'un autre milieu transpa-

rent : en entrant dans ce milieu, il ne continuera pas sa route suivant la ligne droite CQ, qui est la continuation de la ligne droite PC; mais il s'en écartera, ou selon la ligne droite CR, ou selon CS. Il souffrira donc en C une inflexion qu'on nomme *réfraction*. Or, cette réfraction dépend en partie de la diversité des deux milieux, et en partie de l'obliquité sous laquelle le rayon PC entre. Pour expliquer les lois de cette inflexion, il faut connaître quelques termes dont les auteurs se servent. 1° La surface AB, qui distingue les deux milieux, celui d'où le rayon vient et celui où il entre, est nommée la *surface réfringente;* 2° le rayon PC, qui y tombe, est nommé le *rayon incident;* et 3° le rayon CR ou CS, qui tient dans l'autre milieu une route différente de CQ, est nommé le *rayon rompu*. De plus, ayant tiré sur la surface AB la ligne perpendiculaire ECF, on nomme, 4° *angle d'incidence*, l'angle PCE que fait le rayon incident PC avec la ligne perpendiculaire EC ; et 5° *l'angle de réfraction* est l'angle RCF ou SCF que fait le rayon rompu CR ou CS avec la perpendiculaire CF. Donc, à cause de la réfraction, l'angle de réfraction n'est pas égal à l'angle d'incidence PCE : car, prolongeant la ligne PC en Q, les angles PCE et FCQ sont opposés par la pointe, et, partant, égaux entre eux, comme V. A. s'en souviendra encore parfaitement bien. C'est donc l'angle QCF qui est égal à l'angle d'incidence PCE, et, partant, l'angle de réfraction RCF ou SCF est ou plus petit ou plus grand. Il y a donc deux cas qui peuvent avoir lieu : l'un, où

le rayon rompu étant CR, l'angle de réfraction RCF est plus petit que l'angle d'incidence PCE; et l'autre, où le rayon rompu étant CS, l'angle de réfraction SCF est plus grand que l'angle d'incidence PCE. Dans le premier cas, on dit que le rayon CR s'approche de la perpendiculaire CF; et dans l'autre, que le rayon rompu CS s'écarte ou s'éloigne de la perpendiculaire. Il faut donc voir lorsque l'un ou l'autre cas a lieu : cela dépend de la diversité des deux milieux, selon que l'un ou l'autre est plus dense ou plus rare, ou bien selon que les rayons passent plus ou moins difficilement au travers de chacun d'eux. Pour cet effet, il faut remarquer que l'éther est le milieu le plus rare par lequel les rayons passent sans aucune difficulté. Ensuite les autres milieux transparents les plus communs tiennent cet ordre : l'air, l'eau et le verre; en sorte que le verre est un milieu plus dense que l'eau, l'eau plus dense que l'air, et l'air plus dense que l'éther. Cela posé, on n'a qu'à observer ces deux règles générales : 1° lorsque les rayons passent d'un milieu moins dense dans un autre plus dense, le rayon rompu s'approche plus de la perpendiculaire; c'est le cas où le rayon incident étant PC, le rayon rompu est CR; 2° lorsque les rayons passent d'un milieu plus dense dans un autre moins dense, le rayon rompu s'éloigne de la perpendiculaire; c'est le cas où le rayon incident étant PC, le rayon rompu est CS. Or, cette inflexion est d'autant plus grande, que les deux milieux sont différents par rapport à leur densité. Ainsi les rayons,

en passant de l'air dans le verre, souffrent une plus grande réfraction que lorsqu'ils passent de l'air dans l'eau; cependant, dans l'un et l'autre cas, les rayons rompus s'approchent de la perpendiculaire. Pareillement, les rayons passant du verre en l'air, souffrent une plus grande réfraction que lorsqu'ils passent de l'eau dans l'air; mais dans ces cas le rayon rompu s'écarte de la perpendiculaire. Enfin, il faut aussi remarquer que la différence entre l'angle d'incidence et l'angle de réfraction est d'autant plus grande que l'angle d'incidence est grand; ou bien, plus le rayon incident s'écarte de la perpendiculaire, plus l'inflexion du rayon ou la réfraction sera grande. Il y règne un certain rapport qu'on détermine par la géométrie; mais il n'est pas besoin d'entrer dans un tel détail. Ce que je viens de dire suffit pour l'intelligence de ce que j'aurai l'honneur de proposer à V. A.

LETTRE XXXI.

(27 juillet 1760.)

Sur la réfraction des rayons de diverses couleurs.

V. A. vient de voir que lorsqu'un rayon de lumière passe obliquement d'un milieu transparent dans un autre, il souffre une inflexion qu'on nomme *réfraction*, et que la réfraction dépend tant de l'obliquité d'incidence que de la diversité des milieux, comme j'ai eu l'honneur de l'expliquer assez amplement. Mais à présent je dois faire re-

marquer à V. A. que la diversité des couleurs cause aussi une petite variété dans la réfraction, ce qui provient sans doute de ce que les rayons des diverses couleurs renferment des nombres différents de vibrations rendues en même temps, et qu'ils diffèrent entre eux de la même manière que les sons plus ou moins hauts. Ainsi on observe que les rayons rouges souffrent la moindre inflexion ou réfraction; après eux suivent, dans l'ordre, les rayons oranges, les jaunes, les verts, les bleus et les violets; de sorte que les rayons violets souffrent la plus grande réfraction, bien entendu lorsque l'obliquité d'incidence est la même, et les milieux les mêmes. De là on dit que les rayons des diverses couleurs sont assujettis à une diverse réfrangibilité, que les rouges sont les moins réfrangibles, et les violets le plus.

Donc, si PC (*fig.* 10) est un rayon qui passe, par exemple, de l'air dans le verre, l'angle d'incidence étant PCE, le rayon rompu s'approchera de la perpendiculaire CF; et si le rayon était rouge, le rompu serait C-*rouge;* s'il était orange, le rompu serait C-*orange*, et ainsi des autres, comme on voit dans la figure. Tous ces rayons s'écartent de la ligne CQ, qui est la continuation de PC vers la perpendiculaire CF; mais le rayon rouge s'écarte le moins de CQ, ou souffre la moindre inflexion; et le violet s'écarte le plus de CQ, et souffre la plus grande inflexion. Or, si PC est un rayon du soleil, il produit à la fois tous les rayons colorés indiqués dans la figure; et si l'on y tient un papier blanc,

on y voit en effet toutes ces couleurs, d'où l'on dit que chaque rayon du soleil renferme à la fois toutes les couleurs simples. La même chose arrive si PC est un rayon blanc, ou qu'il vienne d'un corps blanc. On en voit naître, par la réfraction, toutes les couleurs; d'où l'on conclut que la couleur blanche est un mélange de toutes les couleurs simples, comme j'ai déjà eu l'honneur de dire à V. A. En effet, on n'a qu'à réunir tous ces rayons colorés dans un seul point, et on verra renaître la couleur blanche. C'est de là que nous apprenons quelles sont les couleurs véritablement simples. La réfraction nous les découvre incontestablement. Selon l'ordre de la réfraction, ce sont, 1° la couleur rouge, 2° l'orange, 3° la jaune, 4° la verte, 5° la bleue, 6° la violette. Mais il ne faut pas penser qu'il n'y en ait que six; car puisque la nature de chacune consiste dans un certain nombre qui exprime le nombre des vibrations rendues dans un certain temps, il est clair que les nombres moyens donnent également des couleurs simples. Mais il nous manque des noms propres pour marquer ces couleurs; ainsi, entre le jaune et le vert, on voit effectivement des couleurs moyennes, mais que nous ne saurions nommer à part. C'est sur ce même principe que sont fondées les couleurs que nous voyons dans l'arc-en-ciel. La raison en est que les rayons du soleil, en passant par des gouttes d'eau qui tombent dans l'air, y sont réfléchis et réfractés, et la réfraction les décompose dans les couleurs simples. V. A. aura sans doute déjà re-

marqué que ces couleurs se suivent dans le même ordre dans l'arc-en-ciel : le rouge, l'orange, le jaune, le vert, le bleu, et le violet; mais nous y découvrons aussi toutes les couleurs intermédiaires, comme des nuances d'une couleur à l'autre; et si nous avions plus de noms pour distinguer ces degrés, nous pourrions nommer plus de couleurs diverses, d'une extrémité à l'autre. Peut-être une autre nation plus riche en mots y compte actuellement plus de couleurs diverses que nous; peut-être aussi qu'une autre nation en compte moins, si par exemple elle n'avait point de terme pour exprimer l'orange. Quelques-uns y ajoutent même le pourpre, qu'on découvre actuellement à l'extrémité du rouge, et que d'autres comprennent sous le même nom de rouge (1).

C.	D.	E.	F.	G.	A.	B.
pourpre.	rouge.	orange.	jaune.	vert.	bleu.	violet.

(1) Ordinairement on omet le *pourpre*, et l'on insère entre le violet et le bleu la teinte *indigo*. La succession des sept couleurs principales est alors indiquée par ce vers alexandrin :

Violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge.

En étudiant le spectre solaire avec de puissants microscopes, Fraunhofer, célèbre opticien de Munich, y a découvert des *raies* obscures, qui se succèdent dans un ordre constant, et qui peuvent servir de *repères* pour fixer avec précision le rayon correspondant à un nombre de vibrations et à un *indice* de réfraction déterminés. Ces raies sont en grand nombre, mais Fraunhofer en a considéré spécialement huit principales, en les désignant par les lettres A, B, C, D, E, F, G, H.

On peut comparer ces couleurs avec les sons d'une octave, comme je viens de le représenter ici, puisque les couleurs, aussi bien que les sons, se peuvent exprimer en nombres. Il semble même que, haussant davantage le violet, on revient à un nouveau pourpre, tout comme en montant dans les sons on parvient au delà de B, au son *c*, qui est une octave au-dessus de C. Et comme dans la musique on donne à ce ton le même nom, à cause de leur ressemblance, il en est de même dans les couleurs, qui, après avoir monté par l'intervalle d'une octave, recouvrent les mêmes noms, ou bien deux couleurs, comme deux tons, dont le nombre de vibrations de l'une est précisément le double de l'autre, passent pour la même couleur, et ont le même nom. C'est sur ce principe que le père Castel, en France, a voulu imaginer une espèce de musique de couleurs. Il a fait un clavecin, dont chaque touche étant touchée représente un morceau teint d'une certaine couleur; et il prétend que ce clavecin, étant bien joué, pourrait représenter un spectacle très-agréable aux yeux. Il le nomme *clavecin oculaire*, et V. A. en aura déjà quelquefois entendu parler. Pour moi, je pense que c'est plutôt la peinture qui est, par rapport aux yeux, la même chose que la musique aux oreilles; et je doute fort qu'une représentation de plusieurs morceaux de draps teints de diverses couleurs puisse être fort agréable.

LETTRE XXXII.

(27 juillet 1760.)

Sur le bleu du ciel.

V. A. vient de voir que la cause de la visibilité de tous les objets est un mouvement de vibration extrêmement rapide, dont les moindres particules sont agitées dans leurs surfaces, et que la fréquence de ces vibrations en détermine la couleur. Il en est de même, soit que ces moindres particules soient agitées par une force intrinsèque, comme il arrive dans les corps luisants, ou qu'elles reçoivent leur agitation d'une illumination, ou d'autres rayons dont elles sont éclairées, comme il arrive dans les corps opaques. Or, la fréquence ou la rapidité des vibrations dépend de la grosseur de ces particules et de leur ressort, de même que la rapidité des vibrations d'une corde dépend de sa grosseur et de sa tension; et ainsi, tant que les particules d'un corps conservent le même ressort, elles représenteront la même couleur, comme les feuilles d'une plante qui conservent une couleur tant qu'elles sont fraîches; mais dès qu'elles commencent à se sécher, le changement du ressort, qui en est la cause, produit aussi une couleur différente. Or, sur cet article, j'ai déjà eu l'honneur d'entretenir V. A. : maintenant je vais lui expliquer ce

phénomène universel, pourquoi le ciel, de jour, nous paraît bleu? En considérant ce phénomène grossièrement, il nous semble qu'il se trouve là haut une prodigieuse voûte teinte de la couleur bleue, comme les peintres représentent le ciel sur un plafond. Je n'aurai pas besoin de désabuser V. A. sur ce préjugé; un peu de réflexion nous suffit pour nous faire comprendre que le ciel n'est pas une voûte bleue, à laquelle soient fichées les étoiles comme des clous luisants. V. A. est plutôt convaincue que les étoiles sont des corps immenses qui se trouvent à des distances très-éloignées de nous, et qui se meuvent librement dans un espace presque vide, ou qui n'est rempli que de cette matière subtile qu'on nomme l'éther. Or, je ferai voir à V. A. que la cause de ce bleu du ciel doit être cherchée dans notre atmosphère, en tant qu'elle n'est pas parfaitement transparente. S'il était possible de s'élever toujours plus haut, au-dessus de la surface de la terre, d'abord l'air deviendrait de plus en plus rare, ensuite il ne serait plus propre à entretenir notre respiration, et enfin il se perdrait tout à fait, et alors on se trouverait dans l'éther pur. Aussi, en montant sur de hautes montagnes, le mercure dans le baromètre descend de plus en plus, l'atmosphère devenant plus légère; et alors on remarque aussi que cette couleur brillante bleue du ciel devient de plus en plus faible; et si l'on pouvait monter jusque dans l'éther pur, la couleur bleue s'évanouirait tout à fait, en regardant en haut on n'y verrait rien du tout, et le

ciel paraîtrait noir, comme pendant la nuit. Car tout nous paraît noir, où aucun rayon de lumière ne parvient jusqu'à nous. On a donc bien raison de demander pourquoi le ciel nous paraît bleu. D'abord il faut convenir que si l'air était un milieu parfaitement transparent comme l'éther, ce phénomène ne pourrait avoir lieu. Alors nous ne recevrions d'en haut d'autres rayons que ceux des étoiles; mais la clarté du jour est si grande, que la petite lumière des étoiles nous devient insensible. De même V. A. ne verrait pas la flamme d'une bougie pendant le jour, lorsqu'elle est assez éloignée, pendant que la même flamme nous paraît de nuit fort brillante, et cela encore à des distances beaucoup plus grandes. De là il est clair qu'il faut chercher la cause du bleu du ciel dans le défaut de la transparence de l'air. L'air est chargé de quantité de petites particules qui ne sont pas tout à fait transparentes, mais qui, étant éclairées par les rayons du soleil, en reçoivent un mouvement de vibration qui produit de nouveaux rayons propres à ces particules; ou bien ces particules sont opaques, et, étant éclairées, nous deviennent visibles elles-mêmes. Or, la couleur de ces particules est bleue. Voilà donc l'explication de ce phénomène, c'est que l'air contient quantité de petites particules bleues; ou bien on peut dire que les moindres particules sont bleuâtres, mais d'un bleu extrêmement délié, qui ne devient sensible que dans une énorme masse d'air. Ainsi, dans une chambre, nous n'y apercevons rien de ce bleu;

mais quand tous les rayons bleuâtres de toute l'atmosphère pénètrent à la fois dans nos yeux, quelque déliée que soit la couleur de chacun, tous ensemble peuvent produire une couleur très-foncée. Cela se confirme par un autre phénomène qui ne sera pas inconnu à V. A. En regardant une forêt de près, elle paraît bien verte; mais quand on s'en éloigne, elle paraîtra de plus en plus bleuâtre. Les forêts des montagnes du Harz, qu'on voit à Magdebourg, paraissent assez bleues, quoiqu'en les regardant de Halberstadt elles soient vertes; la grande étendue de l'air entre Magdebourg et ces montagnes en est la raison. Quelque déliées ou rares que soient les particules bleuâtres de l'air, il y en a une très-grande quantité dans cet intervalle dont les rayons entrent conjointement dans les yeux, et qui y représentent par conséquent une couleur bleue assez foncée. Nous remarquons un semblable phénomène dans un brouillard où l'air est chargé de quantité de particules opaques qui sont blanchâtres. En ne regardant qu'à une petite distance, à peine s'aperçoit-on du brouillard; mais lorsque la distance est grande, la couleur blanchâtre devient très-sensible, et même au point qu'on ne voit plus rien à travers. L'eau de la mer, lorsqu'elle est assez profonde, paraît verte; mais quand on en remplit un verre, elle est assez claire. La raison est visiblement la même : cette eau est chargée de quantités de particules verdâtres, dont une petite quantité ne produit aucun effet sensible; mais dans une grande étendue, comme si

l'on regarde dans la profondeur, tant de rayons verdâtres joints ensemble produisent une couleur foncée.

LETTRE XXXIII.

(29 juillet 1760.)

Sur l'affaiblissement des rayons qui partent d'un point lumineux éloigné, et sur l'angle visuel.

Tant que les rayons, causés par la rapide vibration des moindres particules d'un corps, se meuvent dans le même milieu transparent, ils conservent la même direction, ou bien ils se répandent en tout sens selon des lignes droites. On se représente ces rayons comme les rayons d'un cercle ou plutôt d'une sphère, qui partant d'un centre s'étendent vers la circonférence; et c'est à cause de cette ressemblance qu'on se sert du même nom de rayon, quoiqu'à proprement parler, la lumière ne consiste pas en des lignes, mais en des vibrations très-rapides, qui se continuent selon des lignes droites : et par cette raison on peut envisager la lumière comme des lignes droites sortant du point lumineux en tout sens.

Soit C un point lumineux (*fig.* 11) qui répand sa lumière en tout sens. Que V. A. se représente maintenant deux sphères décrites autour du centre C, et la lumière qui se répand par la surface de

la petite sphère *abde* sera aussi répandue par la surface de la grande sphère ABDE. Il faut donc que la lumière sur la grande sphère ABDE soit plus déliée et plus faible que sur la petite *abde;* d'où l'on comprend que l'effet de la lumière doit être d'autant plus petit, qu'on est plus éloigné du point lumineux. Si nous supposons que le rayon de la grande sphère est le double de celui de la petite, la surface de la grande sphère sera deux fois deux, ou quatre fois plus grande. Donc, puisque c'est la même quantité de lumière qui est répandue par la surface de la grande sphère et par celle de la petite, il s'ensuit que la lumière, à une distance double, est quatre fois plus faible; à une distance triple, 9 fois; à une distance quadruple, 16 fois, et ainsi de suite; or, 9 est 3 fois 3, et 16 est 4 fois 4 : donc, à une distance 10 fois plus grande, la lumière est 10 fois 10, c'est-à-dire 100 fois plus faible. Si nous appliquons cela à la lumière du soleil, nous apprenons que si la terre était deux fois plus éloignée du soleil qu'elle n'est actuellement, la lumière ou la clarté du soleil deviendrait quatre fois plus faible; et si le soleil était 100 fois plus éloigné de nous, sa clarté serait 100 fois 100, c'est-à-dire, 10 000 fois plus petite. Donc si nous supposons qu'une étoile fixe soit aussi grande et aussi luisante que le soleil, mais qu'elle soit 400 000 fois plus éloignée de nous que le soleil, sa lumière sera 400 000 fois 400 000, ou bien 160 000 000 000 fois plus faible que celle du soleil : d'où l'on voit que la lumière d'une seule

étoile fixe n'est rien par rapport à la lumière du soleil; et c'est la raison pourquoi nous ne voyons point les étoiles pendant le jour, une petite lumière s'évanouissant toujours auprès d'une autre incomparablement plus brillante. Il en est de même des chandelles et de tous les corps lumineux, qui nous fournissent d'autant moins de clarté, qu'ils sont plus éloignés de nous; et V. A. aura déjà remarqué que, quelque forte que soit une lumière, si l'on s'en éloigne beaucoup, sa clarté n'est plus suffisante pour lire dans un livre. Or, il est encore une autre circonstance étroitement liée avec celle que je viens de rapporter, qui est, que le même objet nous paraît plus petit quand il est plus éloigné de nous. Un géant, à une grande distance, ne paraît pas plus grand qu'un nain de près. Pour en mieux juger, on a égard à des angles.

Ainsi, supposons (*fig.* 12) que AB soit un objet, par exemple un homme, et qu'un œil le regarde du point C. On tire de ce point des lignes droites AC et BC, qui représentent les rayons extrêmes qui parviennent de l'objet dans l'œil, et l'on nomme l'angle formé en C, l'angle visuel de l'objet vu en C. Si l'on regardait le même objet plus près en D, l'angle visuel D serait sans doute plus grand : d'où l'on voit que plus le même objet est éloigné, plus son angle visuel est petit; et plus il nous approche, et plus l'angle visuel devient grand. Les astronomes mesurent très-soigneusement les angles visuels sous lesquels nous voyons

les corps célestes, et ils trouvent que l'angle visuel du soleil surpasse tant soit peu la moitié d'un degré. Si le soleil était deux fois plus éloigné de nous, son angle visuel se réduirait à la moitié; d'où il ne serait pas surprenant qu'il nous fournît quatre fois moins de clarté. Et si le soleil était 400 000 fois plus éloigné de nous, son angle visuel deviendrait autant de fois plus petit, et partant il ne paraîtrait pas plus grand qu'une étoile. Il faut donc bien distinguer la grandeur vue d'un objet, de sa véritable grandeur : la grandeur vue ou apparente est toujours un angle plus ou moins grand, selon qu'il est plus ou moins proche de nous. Ainsi la grandeur du soleil, apparente ou vue, est un angle d'environ un demi-degré, pendant que sa véritable grandeur surpasse plusieurs fois la terre tout entière; car le soleil étant un globe, on estime son diamètre de 172 000 milles d'Allemagne, pendant que le diamètre de la terre n'est que 1 720 milles.

LETTRE XXXIV.

(1er août 1760.)

Sur ce que le jugement supplée à la vision.

Ce que j'ai eu l'honneur de proposer à V. A. sur le phénomène de la vision appartient à une science qu'on appelle *optique*, laquelle est une

des parties des mathématiques, et tient aussi un rang fort considérable dans la physique. Outre les couleurs dont j'ai tâché d'expliquer la nature, on y traite la doctrine de l'angle visuel; et V. A. aura déjà remarqué que le même objet peut être vu, tantôt sous un grand angle visuel, tantôt sous un petit, selon qu'il est proche ou éloigné de nous. Je remarque de plus qu'un petit objet peut être vu sous le même angle qu'un grand objet, lorsque celui-là est fort proche et celui-ci fort éloigné. On peut tenir une assiette de sorte qu'elle nous couvre le soleil tout entier; vu qu'une assiette d'un demi-pied, à une distance de 54 pieds, nous couvre exactement le soleil, et est vue sous le même angle visuel que le soleil; or, quelle prodigieuse différence entre la grandeur d'une assiette et celle du soleil? La pleine lune nous paraît à peu près sous le même angle visuel que le soleil, et par conséquent à peu près aussi grande, quoique le soleil soit beaucoup plus grand que la lune; mais il faut considérer que le soleil est aussi presque 400 fois plus éloigné de nous que la lune.

L'angle visuel est un article d'autant plus important dans l'optique, que les images dont les objets se peignent sur le fond de l'œil en dépendent. Plus l'angle visuel est grand ou petit, plus aussi l'image peinte au fond de l'œil est grande ou petite. Or, nous ne voyons les objets hors de nous qu'autant que leurs images sont peintes sur le fond de l'œil : conséquemment ces images constituent l'objet immédiat de la vision ou de la sen-

sation. Donc, une image représentée sur le fond de l'œil ne nous donne à connaître que trois choses. Premièrement, la figure et les couleurs de l'image nous portent à juger qu'il y a hors de nous un objet semblable, d'une telle figure et de telle couleur; en second lieu, la grandeur de l'image nous fait connaître l'angle visuel sous lequel l'objet nous paraît; et troisièmement, le lieu de l'image sur le fond de l'œil nous fait sentir en quelle direction l'objet se trouve hors de nous, si c'est à gauche ou à droite, en haut ou en bas; ou bien nous en connaissons la direction d'où les rayons viennent dans nos yeux. C'est dans ces trois choses que toute la vision est contenue, et nous ne sentons que, 1° la figure avec les couleurs; 2° l'angle visuel ou la grandeur apparente, et 3° la direction ou le lieu vers lequel nous jugeons que l'objet existe. Or, la vision ne nous découvre rien ni sur la véritable grandeur des objets, ni sur leurs distances. Quoiqu'on s'imagine souvent qu'on voit la grandeur et la distance de quelque objet, ce n'est pas un acte de la vision, mais plutôt un acte du jugement: et les autres sens, et une longue expérience, nous mettent en état de juger à quelle distance un objet se trouve éloigné de nous. Or, cette faculté ne s'étend qu'aux objets qui nous sont assez proches. Dès qu'ils sont fort éloignés, notre jugement n'a plus lieu; et si nous voulons hasarder un jugement, nous nous trompons pour l'ordinaire très-grossièrement. Ainsi, personne ne peut dire qu'il voie la grandeur ou la distance de la

lune; et quand le peuple s'imagine que la lune est égale à un fromage de Suisse, ce n'est pas la vision qui en est la cause, mais un jugement fort trompeur; et, par une semblable erreur, il juge la distance de la lune peut-être moindre que celle d'ici à Charlottenbourg. De là il est certain que les yeux, ou la seule vision, ne décident rien sur la distance et la grandeur des objets. On allègue là-dessus un exemple très-remarquable d'un homme né aveugle, auquel on a procuré la vue par une opération, lorsqu'il était dans un âge déjà avancé. Cet homme fut d'abord tout à fait ébloui; il ne distingua rien sur la grandeur et la distance des objets, tous lui parurent si proches qu'il les voulait toucher; il lui fallut bien du temps et un long exercice avant qu'il parvînt au véritable usage de la vue; il lui fallut un long apprentissage, et le même que nous faisons pendant la plus tendre enfance, et dont nous ne nous souvenons plus. Par un tel exercice nous avons appris que le même objet nous paraît distinct et plus clair lorsqu'il nous est plus proche, et de là nous jugeons réciproquement qu'un objet, lorsqu'il nous paraît fort clair et fort distinct, nous est proche. Or, lorsqu'il nous paraît obscur et peu distinct, nous le jugeons éloigné. C'est de là que les peintres savent fort bien profiter, en représentant sur les tableaux, fort clairement et distinctement, les choses que nous devons juger proches, et obscurément les choses que nous devons juger éloignées, quoique les unes et les autres se trouvent à une égale dis-

tance de nous. Aussi réussissent-ils parfaitement bien, et nous jugerions presque que, des choses que nous voyons sur un beau tableau, quelques-unes sont beaucoup plus éloignées que d'autres. Cette illusion ne pourrait avoir lieu, si la vision même nous découvrait la véritable distance et la grandeur des objets.

LETTRE XXXV.

(3 août 1760.)

Explication de quelques phénomènes relatifs à l'optique.

V. A. vient de voir que la vue seule ne nous découvre rien sur la véritable grandeur des objets, ni sur leur distance, et que tout ce que nous nous imaginons voir, tant de la grandeur que de la distance de quelque objet, est l'effet de notre jugement, et non du sens de la vision. Il faut bien distinguer ce que les sens nous représentent, de ce que nous y ajoutons par notre jugement; en quoi nous nous trompons très-souvent. Plusieurs philosophes qui ont harangué contre la justesse de nos sens, et en ont voulu prouver l'incertitude de toutes nos connaissances (laquelle secte est nommée le *scepticisme* ou le *pyrrhonisme*), confondent les propres représentations de nos sens avec notre jugement. Ils disent : Nous ne voyons

pas le soleil plus grand qu'un bassin, quoiqu'il soit infiniment plus grand; donc le sens de la vue nous trompe, donc tous les sens nous trompent; au moins ne saurait-on s'y fier; donc toutes les connaissances que nous acquérons par le moyen des sens sont incertaines et probablement fausses; donc nous ne savons rien de certain. Voilà le raisonnement de ces grands philosophes sceptiques, qui se vantent tant de leur esprit, quoique rien ne soit plus aisé que de dire que tout est incertain, et que le plus grand ignorant puisse réussir très-heureusement dans cette sublime philosophie. Mais il est faux que la vue ne nous représente pas le soleil plus grand qu'un bassin. La vue n'y décide absolument rien, ce n'est que notre jugement qui s'y trompe. Cependant, quand les objets ne sont pas fort éloignés de nous, nous ne nous y trompons guère, et tant les autres sens, que le degré de clarté dont nous voyons un objet, rendent notre jugement assez certain sur sa grandeur et sa distance. Or, dès que nous établissons par notre jugement la distance d'un objet, nous formons aussi celui de sa véritable grandeur, sachant que la grandeur apparente est d'autant plus grande que l'objet est plus proche de nous. De là, plus nous jugeons un objet éloigné, plus nous l'estimons grand; et réciproquement, plus nous le jugeons proche, plus nous l'estimons petit. Lorsqu'il arrive qu'une mouche passe tout près devant nos yeux, et que par quelque distraction nous la jugeons fort loin, nous la prenons pour un aigle; mais dès que nous re-

venons pour ainsi dire à nous-mêmes, et que nous nous avisons que l'objet était proche de nous, nous reconnaissons la mouche. La raison en est, que l'angle visuel d'une mouche proche peut être aussi grand que celui d'un aigle éloigné, et que l'image peinte au fond de l'œil est la même. Il y a encore un autre phénomène très-bien connu de tout le monde, et qui a occasionné bien des disputes parmi les savants, dont il est à présent aisé de donner l'explication. Tout le monde juge la pleine lune, lorsqu'elle se lève, plus grande que lorsqu'elle est déjà montée assez haut au ciel, quoique l'angle visuel et la grandeur apparente soient les mêmes. Aussi le soleil, en se levant ou se couchant, paraît-il à tout le monde plus grand qu'à midi. Quelle est donc la raison de ce jugement si général et si trompeur? C'est sans doute qu'on juge le soleil et la lune à l'horizon plus loin de nous que lorsqu'ils sont déjà élevés; mais pourquoi juge-t-on de cette sorte? On répond ordinairement que, lorsque le soleil et la lune sont à l'horizon, nous apercevons tant d'objets entre eux et nous, qui nous semblent augmenter l'éloignement; au lieu que quand le soleil ou la lune sont fort élevés, nous ne voyons rien entre eux et nous, et partant nous les jugeons plus près de nous. Je ne sais pas si ce dénoûment satisfera V. A. On peut objecter qu'une chambre vide paraît plus grande qu'une autre fort garnie de meubles, quoiqu'elle soit de la même grandeur; donc plusieurs choses vues entre un objet et nous ne produisent pas toujours l'effet que nous jugions

cet objet plus éloigné. J'espère que V. A. trouvera celle-ci meilleure.

Que le cercle A (*fig.* 13) représente toute la terre, et le cercle ponctué l'atmosphère ou l'air dont la terre est entourée, et que nous nous trouvions au lieu A. Cela posé, si la lune est à l'horizon, les rayons parviennent à nous par la ligne BA; si elle est au-dessus de nous, les rayons viennent selon la ligne CA. Dans le premier cas, les rayons traversent dans notre atmosphère le grand espace BA, et, dans l'autre cas, le petit espace CA. Or V. A. se souviendra que les rayons de lumière qui passent par un milieu transparent perdent d'autant plus de leur force que le trajet est long. Donc l'atmosphère ou l'air étant un tel milieu transparent, le rayon BA perd dans son passage beaucoup plus de sa force que le rayon CA; d'où il s'ensuit en général que tous les corps célestes paraissent beaucoup moins brillants dans l'horizon qu'au-dessus de nous. Nous pouvons même regarder directement dans le soleil, lorsqu'il est à l'horizon; mais dès qu'il monte à une certaine hauteur, nos yeux ne sauraient souffrir son éclat. De là je conclus que la lune à l'horizon paraît plus faible qu'étant élevée. Or V. A. se souviendra de la raison des peintures, que le même objet nous paraît plus éloigné lorsque sa lumière est affaiblie; donc la lune étant à l'horizon, nous doit paraître plus éloignée qu'à quelque hauteur. Maintenant la conséquence est manifeste, que, puisque nous jugeons plus grande la distance de la lune à l'horizon, nous devons

aussi juger la lune même plus grande; et en général toutes les étoiles, étant près de l'horizon, nous paraissent plus grandes, puisque nous les estimons plus éloignées (1).

LETTRE XXXVI.

(5 août 1760.)

Sur l'ombre.

J'ai eu l'honneur d'exposer à V. A. presque tout ce qu'on est accoutumé de traiter dans la science qu'on nomme optique. Il ne reste plus qu'un seul article sur l'ombre. V. A. connaît déjà trop bien ce qu'on nomme l'ombre, pour que j'aie besoin de m'y arrêter beaucoup. L'ombre suppose toujours deux choses, un corps luisant et un corps opaque qui ne transmet point les rayons de lumière. Le corps opaque empêche donc que les rayons d'un corps luisant ne parviennent en certains lieux, derrière lui; et ces lieux où les rayons ne parviennent point constituent ce qu'on appelle l'ombre du corps opaque, ou, ce qui revient au même, l'ombre comprend tous les lieux d'où l'on ne saurait voir le corps luisant, puisque le corps opaque en intercepte les rayons.

Soit A une lumière (*fig.* 14), et BCDE un corps

(1) *Voyez* les lettres XCIII à XCXVII de la IIIe partie (t. II), qui traitent plus amplement de la même question.

opaque. Qu'on tire les rayons extrêmes ABM, ADN, qui touchent le corps opaque, il est évident qu'aucun rayon de la lumière A ne saurait pénétrer dans l'espace MBEDN; et en quelque lieu, comme O, de cet espace que se trouve un œil, il ne verra pas la lumière. C'est cet espace qui est l'ombre du corps opaque, et on voit que cet espace s'élargit de plus en plus, et que cette ombre s'étend à l'infini. Mais si la lumière elle-même est d'une grande étendue, la détermination de l'ombre est un peu différente. On a trois cas à considérer : le premier, quand la lumière est plus petite que le corps opaque; le second, quand elle lui est égale; et le troisième, quand elle est plus grande. Le premier cas est le même que nous venons d'envisager, où la lumière était plus petite que le corps opaque.

Le second est représenté par la *fig.* 15, où A est le corps luisant, de la même grandeur que le corps opaque BCED. Qu'on tire les derniers rayons ABM, AEN qui touchent le corps, et tout l'espace MBEN sera l'ombre, et partout dans cet espace il sera impossible de voir le corps luisant. On voit de plus que les lignes BM et EN sont parallèles, et que l'ombre s'étend à l'infini, conservant partout la même largeur.

Pour le troisième cas, où le corps luisant AA (*fig.* 16) est plus grand que le corps opaque BCED, les derniers rayons qui touchent ABO et AEO concourent ensemble en O, et l'espace de l'ombre BOE devient borné, étant pointu en O. Une telle figure est nommée conique, et on dit que l'ombre

dans ce cas est conique. Ce n'est que dans cet espace, où la lumière ne saurait pénétrer, et où il est impossible de voir le corps luisant. A ce troisième cas appartiennent les ombres des corps célestes qui sont beaucoup plus petits que le corps luisant, savoir, le soleil qui les éclaire. Ici nous trouvons aussi un sujet digne de faire admirer la sagesse du Créateur. Car si le soleil était plus petit que les planètes, leurs ombres ne seraient pas terminées, mais elles s'étendraient à l'infini, ce qui priverait des espaces immenses de l'avantage d'être éclairés du soleil. Mais à présent que le soleil surpasse tant de fois les planètes, leurs ombres sont resserrées dans des assez petits espaces, d'où la lumière du soleil est exclue. C'est ainsi que la terre et la lune jettent leurs ombres coniques, et il peut arriver que la lune se plonge dans l'ombre de la terre, ou tout à fait, ou en partie. Quand cela arrive, on dit que la lune est éclipsée, ou entièrement, ou en partie. Dans le premier cas, on l'appelle une éclipse totale, dans l'autre, une éclipse partielle de lune. Ensuite la lune jette aussi son ombre, mais qui est plus petite que celle de la terre; cependant il peut arriver que l'ombre de la lune s'étende jusqu'à la terre, et alors ceux qui sont privés de la lumière du soleil souffrent une éclipse du soleil. Ainsi une éclipse du soleil arrive, lorsque la lune est la cause que nous ne voyons pas le soleil, ou tout entier, ou en partie. De nuit nous ne voyons plus le soleil, quoiqu'il n'y ait point d'éclipse; mais alors nous nous trouvons dans

l'ombre même de la terre, ce qui cause pour nous la plus grande obscurité.

Jusqu'ici nous n'avons considéré que les cas où les rayons de lumière sont transmis par des lignes droites, ce qui fait l'objet de l'optique. Or, j'ai déjà remarqué que les rayons de lumière sont quelquefois réfléchis, et quelquefois rompus ou réfractés. V. A. se souviendra que lorsque les rayons tombent sur une surface bien polie, comme celle d'un miroir, ils en sont réfléchis; et lorsqu'ils passent d'un milieu transparent dans un autre, ils y souffrent une réfraction, et sont *quasi* rompus. De là naissent deux autres sciences. Celle qui considère la vision qui se fait par des rayons réfléchis est nommée *catoptrique*, et celle qui se fait par des rayons rompus ou réfractés est nommée *dioptrique*, pendant que l'optique explique la vision qui se fait par des rayons directs. J'aurai donc l'honneur de proposer à V. A. le précis de ces deux sciences, la catoptrique et la dioptrique ; puisqu'elles renferment des phénomènes qui se présentent tous les jours, et dont il est fort important de savoir la cause et les propriétés. Tout ce qui regarde la vision est, sans contredit, l'objet le plus digne de notre connaissance.

LETTRE XXXVII.

(7 août 1760.)

De la catoptrique, et sur la réflexion des rayons par des miroirs planes en particulier.

La catoptrique s'occupe de la vision qui se fait par des rayons réfléchis. Lorsque les rayons tombent sur une surface bien polie, ils en sont réfléchis, en sorte que les angles de part et d'autre sont égaux entre eux.

Pour mettre cela dans tout son jour, soit AB (*fig.* 17) la surface d'un miroir ordinaire, et soit P un point lumineux dont les rayons PQ, PM, P*m* tombent sur le miroir. Parmi tous ces rayons, soit PQ celui qui tombe perpendiculairement sur le miroir, et qui a cette propriété sur tous les autres, qu'il est réfléchi sur lui-même, suivant QP; de même que sur un billard, quand on pousse une bille perpendiculairement contre une bande, elle en est repoussée par le même chemin. Or, tout autre rayon, comme PM, est réfléchi sur la ligne MN, en sorte que l'angle AMN soit égal à l'angle BMP, où il faut remarquer que le rayon PM est nommé le *rayon incident*, et MN le *rayon réfléchi*. De la même manière, au rayon incident P*m* répondra le rayon réfléchi *mn*; et, par conséquent, à cause de la réflexion, le rayon PM est continué par

la ligne MN, et le rayon P*m* par la ligne *mn*, de sorte qu'on a l'angle AMN égal à BMP, et l'angle A*mn* égal à B*m*P; laquelle propriété est énoncée, en sorte qu'on dit que l'angle de réflexion est toujours égal à l'angle d'incidence. J'ai déjà eu l'honneur de faire remarquer cette belle propriété à V. A.; mais maintenant je ferai voir quels phénomènes en doivent résulter dans la vision. D'abord il est clair qu'un œil, étant placé en N, recevra du point lumineux P le rayon réfléchi MN; ainsi le rayon qui y excite le sentiment vient dans la direction MN, de même que si l'objet P se trouvait quelque part sur la ligne NM; d'où il s'ensuit que l'œil doit voir l'objet P dans la direction NM. Pour nous éclaircir mieux là-dessus, il faut recourir à la géométrie, et V. A. se rappellera avec plaisir les propositions sur lesquelles est fondé le raisonnement suivant. Qu'on prolonge le rayon perpendiculaire PQ derrière le miroir, jusqu'en R, de sorte que QR soit égal à PQ, et je ferai voir que tous les rayons réfléchis MN et *mn*, étant prolongés en arrière, se réunissent dans ce point. Car, considérant les deux triangles PQM et RQM, ils ont d'abord le côté MQ commun; ensuite le côté QR est égal au côté PQ; et enfin, puisque l'angle PQM est droit, son angle de suite RQM sera aussi droit. Donc ces deux triangles ayant deux côtés égaux avec l'angle intercepté, seront aussi égaux, et, partant, l'angle PMQ sera égal à l'angle RMQ. Or, l'angle AMN étant opposé par la pointe à RMQ, lui est égal; il sera donc aussi égal à l'angle PMQ, qui est l'angle d'inci-

dence; ainsi l'angle AMN sera l'angle de réflexion, comme la nature de la réflexion l'exige. De la même manière on voit que le rayon réfléchi *mn*, étant prolongé, passe aussi par le point R : donc tous les rayons du point P, qui sont réfléchis du miroir, tiennent précisément la même route que s'ils venaient du point R, et produisent par conséquent dans l'œil le même effet que si l'objet P était effectivement placé derrière le miroir en R; ce point se trouvant sur la perpendiculaire PQR, autant derrière le miroir que l'objet P est en avant. De là V. A. comprend à présent très-distinctement pourquoi les miroirs représentent les objets derrière eux, et pourquoi nous y voyons tous les objets de la même manière que si les mêmes objets se trouvaient derrière le miroir, et cela à une distance égale à celle dont ils se trouvent devant le miroir. C'est ainsi que le miroir transporte presque les objets dans un autre lieu sans en changer l'apparence. Pour distinguer cet objet apparent du véritable objet, on nomme l'objet apparent l'*image*, et on dit que les images représentées par les rayons réfléchis se trouvent derrière le miroir. Cette dénomination sert à mieux distinguer les objets réels de leurs images que les miroirs nous représentent; et les images que nous voyons dans les miroirs sont parfaitement égales et semblables aux objets, à l'exception que ce qu'il y a dans l'objet à gauche paraît dans l'image à droite, et réciproquement. Ainsi un homme qui porte l'épée à gauche paraît dans le miroir portant l'épée à droite.

Par ce que je viens de dire, il est toujours aisé d'assigner l'image d'un objet quelconque derrière le miroir.

Car AB étant un miroir (*fig.* 18), et EF un objet qui soit une flèche : qu'on tire des points E et F des perpendiculaires EG et FH sur la surface du miroir, et qu'on les prolonge en *e f*, de sorte que EG = *e* G et FH = *f* H, et l'image sera *ef*, laquelle sera égale à l'objet EF, puisque la figure quadrilatère G*ef*H est, à tous égards, égale à GEFH. De là on comprend aussi que quand même on retrancherait du miroir une partie comme CB, de sorte que AC fût le miroir, l'image *ef* n'en sera point changée. Et, par conséquent, quand le milieu n'est pas assez grand pour que les perpendiculaires EG et FH y puissent tomber, il faut concevoir que le plan du miroir soit continué, comme on continue dans la géométrie les lignes, lorsqu'on y veut tirer des perpendiculaires. Or, ce que je viens de dire ne regarde que les miroirs ordinaires dont la surface est parfaitement plane. Les miroirs convexes et concaves produisent des effets différents.

LETTRE XXXVIII.

(9 août 1760.)

Sur la réflexion des rayons par des miroirs convexes et concaves, et sur les miroirs ardents.

Tout ce qui regarde la réflexion des rayons se réduit, comme V. A. vient de le voir, à deux

choses, dont l'une est le lieu de l'image que les rayons réfléchis représentent, et l'autre est le rapport de l'image à l'objet. Dans les miroirs ordinaires ou plans, le lieu de l'image est derrière le miroir, à une distance égale à celle de l'objet qui se trouve devant le miroir, et l'image est semblable à l'objet. C'est à ces deux choses qu'il faut avoir égard, lorsque le miroir n'est pas plan, mais que sa surface est convexe ou concave; car alors l'image est pour l'ordinaire très-défigurée. V. A. aura déjà observé que lorsqu'on regarde une cuiller bien polie, soit dans sa surface intérieure concave, soit dans l'extérieure convexe, on voit son image fort défigurée; mais une boule d'argent bien polie représente assez bien les objets, mais plus petits. Or, si la surface intérieure d'une telle boule est bien polie, les objets paraissent plus grands, supposé qu'ils n'en soient pas trop éloignés; car les mêmes objets y pourront aussi paraître plus petits et renversés, si on les éloigne du miroir. Il n'est pas besoin qu'on prenne une boule entière, une partie quelconque de la surface produit le même effet. Tels miroirs sont nommés sphériques, et il y en a de deux espèces, de convexes et de concaves, selon qu'ils sont tirés de la surface extérieure ou intérieure de la sphère. On fait ces miroirs d'une certaine *mixture* de quelques métaux, qui est susceptible d'un bon poli; au lieu que les miroirs plans sont faits d'une table de verre, et couverts, d'un côté, d'un mercure préparé, pour procurer la réflexion des rayons. Je commence par les miroirs convexes.

Soit ACB (*fig.* 19) un miroir appartenant à une sphère dont le centre soit en G. Si l'on place devant ce miroir un objet à une grande distance en E, son image paraîtra derrière le miroir en D, qui est au milieu du rayon de la sphère CG, et cette image sera autant de fois plus petite que l'objet, que la ligne CD est plus petite que la distance de l'objet CE. Si l'on approche l'objet E du miroir, son image s'y approchera aussi. Tout cela se démontre par la géométrie, supposant qu'un rayon incident quelconque EM est réfléchi en sorte selon MN, que l'angle BMN soit égal à l'angle CME. Ainsi quand l'œil est en N, recevant le rayon réfléchi MN, il verra l'objet E selon la direction NM dans le miroir en D; ou bien D sera l'image de l'objet situé en E, mais qui sera plus petite. Il est aussi aisé de voir que plus la sphère dont le miroir fait partie est petite, plus aussi l'image en sera diminuée.

Je passe aux miroirs concaves, dont l'usage est très-commun en plusieurs occasions. Soit ACB (*fig.* 20) un miroir faisant partie d'une sphère dont le centre est en G, et GC un rayon. Maintenant, concevons un objet en E, fort éloigné du miroir, son image paraîtra devant le miroir en D, au milieu du rayon CG; car un rayon de lumière quelconque EM, qui tombe de l'objet E dans le miroir au point M, y sera tellement réfléchi, qu'il passera par le point D; et lorsque l'œil est placé en N, il verra l'image de l'objet en D; mais cette image sera autant de fois plus petite que l'objet,

que la distance CD est plus petite que la distance CE. Or, quand on approche l'objet du miroir, l'image s'en éloignera; l'objet étant placé au centre même de la sphère G, l'image se trouvera aussi en G. Si l'on approche l'objet jusqu'en D, l'image s'éloignera au delà de E à l'infini. Mais si l'objet se trouve encore plus près entre C et D, l'image tombera derrière le miroir, et paraîtra plus grande que l'objet. Lorsqu'on se regarde dans un tel miroir, se plaçant entre D et C, on y voit son visage d'une grandeur affreuse. Tout cela se prouve par la nature de la réflexion, en vertu de laquelle l'angle d'incidence EMA est toujours égal à l'angle de réflexion CMN. C'est à cette espèce de miroirs qu'il faut rapporter les miroirs ardents; et tout miroir concave peut être employé à brûler. Cette surprenante propriété mérite d'être expliquée plus soigneusement.

Soit ACB (*fig.* 21) un miroir concave, dont le centre est G; et au lieu de l'objet, soit le soleil en E; ses rayons réfléchis représenteront l'image du soleil en D, qui est le milieu de CG. Or, la grandeur de cette image sera déterminée par les rayons extrêmes SC, SC. Cette image du soleil sera donc fort petite; et puisque tous les rayons du soleil qui tombent sur le miroir ACB sont réfléchis dans cette image, ils y seront réunis, et auront d'autant plus de force, que l'image D sera plus petite que la surface du miroir. Or, les rayons du soleil, outre la force d'éclairer, sont doués d'une force d'échauffer; d'où il s'ensuit qu'il doit se trouver en

D un grand degré de chaleur; et quand le miroir est assez grand, cette chaleur peut devenir plus forte que le feu le plus violent. En effet, par le moyen d'un tel miroir on brûle dans un instant tous les bois, et on fond même tous les métaux. Ce n'est que l'image du soleil qui produit ces effets surprenants. On nomme communément cette image le *foyer du miroir*, qui tombe toujours au milieu, entre le miroir et son centre G.

Il faut bien distinguer les miroirs ardents des verres ardents, qui seront connus de V. A., et dont j'aurai occasion de parler l'ordinaire prochain.

LETTRE XXXIX.

(11 août 1760.)

De la dioptrique.

Ayant eu l'honneur d'exposer à V. A. les principaux phénomènes de la catoptrique, qui résultent de la réflexion des rayons de lumière, il me reste à parler de la dioptrique, où il s'agit de la réfraction des rayons, qui se fait lorsque les rayons passent par différents milieux transparents. Un rayon de lumière ne poursuit sa route en ligne droite qu'autant qu'il se trouve dans le même milieu. Dès qu'il entre dans un autre milieu transparent, il change de direction, plus ou moins, selon qu'il

y tombe plus ou moins obliquement. Il n'y a qu'un seul cas où il conserve sa route rectiligne, qui est lorsqu'il entre perpendiculairement dans l'autre milieu. Les instruments qu'on considère principalement dans la dioptrique, sont des verres tels qu'on met en usage dans les lunettes et microscopes. Ces verres sont ronds comme des cercles, mais ayant deux faces. Tout revient à la figure de ces deux faces, qui est ou plane, ou convexe, ou concave. Or, tant la figure convexe que la concave fait partie d'une sphère dont il faut connaître le rayon, qui est presque la mesure de la convexité et de la concavité (1). Cela remarqué, on a plusieurs espèces de ces verres dioptriques.

La première espèce, n° I (*fig.* 22), est celle où les deux faces sont planes. En coupant un cercle dans un miroir, on aura un tel verre, qui ne change rien dans les objets. La seconde espèce, n° II, a une surface plane et l'autre convexe; on nomme ces verres *plano-convexes*. La troisième espèce, n° III, a une face plane et l'autre concave; ces verres sont nommés *plano-concaves*. La quatrième espèce, n° IV, est celle où les deux faces sont convexes; on les nomme *convexo-convexes*.

(1) Les géomètres remarqueront ce correctif *presque*, employé par Euler, à qui l'on doit en grande partie la théorie de la courbure des surfaces.

Au lieu de l'expression vague de *verre*, dont Euler fait usage dans tout ce qui suit, on emploie généralement maintenant celle de *lentille*.

La cinquième espèce, n° V, a les deux faces concaves; on nomme ces verres *concavo-concaves*. Les espèces n°s VI et VII ont une face convexe et l'autre concave; ces verres sont nommés *ménisques*. Or, tous ces verres se rapportent à deux classes, dont l'une renferme ceux où la convexité prévaut, comme n°s II, IV, VI, et l'autre où la concavité a le dessus, comme n°s III, V, VII. Ceux-là sont nommés simplement *convexes*, et ceux-ci simplement *concaves*. Ces deux classes se distinguent par la propriété suivante.

Soit AB (*fig.* 23) un verre convexe qu'on expose à un objet EF fort éloigné, dont les rayons GA, GC, GB tombent sur le verre, et, en y passant, souffrent la réfraction qui se fera, en sorte que les rayons sortis du point G se réunissent par la réfraction derrière le verre en *g*. La même chose arrivera aux rayons qui sortent de chaque point de l'objet. Par cette altération, tous les rayons réfractés A*l*, B*m*, C*n* poursuivront la même route que si l'objet était en *egf*, dans une situation renversée, et qu'il fût autant de fois plus petit que la distance C*g* est moindre que la distance CG. On dit donc qu'un tel verre représente l'objet EF derrière lui en *ef*, et on nomme cette représentation l'*image*, laquelle est par conséquent renversée, et autant de fois plus petite que l'objet même, qu'elle est plus proche du verre que l'objet. De là il est clair que si le soleil tient lieu de l'objet, l'image représentée en *ef* sera celle du soleil; quoique très-petite, elle sera si brillante, qu'on ne saurait la regarder sans être

ébloui; car tous les rayons qui traversent le verre se réunissent dans cette image, et y exercent leur double force d'éclairer et d'échauffer. La chaleur y est à peu près autant de fois plus grande que la surface du verre surpasse la grandeur de l'image du soleil qu'on nomme son *foyer;* d'où, si le verre est fort grand, on peut faire des prodiges par la force de la chaleur. Des matières combustibles mises au foyer d'un tel verre sont brûlées dans un instant. Les métaux y sont fondus et même réduits en verre; et on produit par ces verres ardents des effets beaucoup supérieurs à tout ce qu'on est en état de faire par le feu le plus violent. La raison en est la même que celle des miroirs ardents. Dans les uns et les autres, les rayons du soleil répandus sur la surface tout entière du miroir ou du verre sont réunis dans le petit espace de l'image du soleil. La seule différence est que dans les miroirs cette réunion se fait par la réflexion, et dans les verres par la réfraction. C'est l'effet des verres convexes, qui sont plus épais au milieu qu'aux extrémités, tels que je les ai représentés n°s II, IV et VI (*fig.* 22). Or, les verres des n°s III, V et VII, qui sont plus épais aux extrémités qu'au milieu, qu'on nomme simplement *concaves,* produisent un effet contraire.

Soit un tel verre ACB (*fig.* 24). Si l'on expose à une grande distance l'objet EGF, les rayons GA, GC, GB, qui sortent du point G, sont tellement rompus par le verre en *l, m* et *n*, comme s'ils venaient du point *g;* et un œil placé derrière le verre, comme en *m*, verra l'objet de la même manière que s'il

était placé debout en *egf*, mais autant de fois plus petit que la distance CG surpasse la distance G*g*. Donc, comme les verres convexes représentent l'image des objets fort éloignés derrière eux, les verres concaves la représentent devant eux, ceux-là renversée, et ceux-ci debout. Or, dans les uns et dans les autres l'image est autant de fois diminuée qu'elle est plus proche du verre que l'objet même. C'est sur cette propriété des verres qu'est fondée la construction de tous les microscopes et télescopes, ou lunettes.

LETTRE XL.

(13 août 1760.)

Continuation de la même matière, en particulier des verres ardents et de leurs foyers.

Les verres convexes me fournissent encore quelques remarques que j'aurai l'honneur de proposer à V. A. Je parle ici en général des verres convexes qui sont plus épais au milieu qu'aux extrémités, soit que toutes les deux faces soient convexes, ou qu'une des deux soit plane et l'autre convexe, ou même une concave et l'autre convexe, mais en sorte que la convexité surpasse la concavité, ou que l'épaisseur au milieu soit plus grande qu'aux extrémités. On suppose, outre cela, que les faces de ces verres soient travaillées d'une figure circulaire ou

plutôt sphérique. Ces verres ont d'abord cette propriété, qu'étant exposés au soleil, ils présentent derrière eux un foyer qui est l'image du soleil, douée d'une double force d'éclairer et de brûler. La raison en est que tous les rayons qui partent d'un point du soleil sont réunis par la réfraction du verre dans un seul point. La même chose arrive, quelque autre objet qu'on expose à un tel verre; il en présente toujours une image, qu'on voit au lieu de l'objet même. Tout cela deviendra plus clair par la *fig.* 25.



Soit ABCD un verre convexe, devant lequel se trouve un objet EGF, dont il suffira de considérer les trois points E, G, F. Les rayons qui du point E tombent sur le verre, sont renfermés dans l'espace AEB; et dans la réfraction, tous sont réduits dans l'espace A*e*B, de sorte qu'ils sont réunis dans le point *e*. De la même manière les rayons du point G, qui tombent sur le verre, remplissent l'espace AGB, et ceux-ci sont réduits par la réfraction dans l'espace A*g*B, se réunissant au point *g*. Enfin les rayons du point F, qui tombent sur le verre dans l'angle AFB, sont rompus, en sorte qu'ils se réunissent au point *f*. De cette manière on aura l'image *egf*, dans une situation renversée derrière le verre, et un œil placé derrière cette image, comme en O, sera affecté de la même manière que si l'objet se trouvait en *egf* renversé, et autant de fois plus petit que la distance D*g* est plus petite que la distance CG. Pour juger du lieu de l'image *egf*, il faut avoir égard tant à la nature du verre qu'à la dis-

tance de l'objet. Pour le premier, plus le verre est convexe, c'est-à-dire, plus l'épaisseur du milieu CD surpasse celle des extrémités, plus l'image est proche du verre. Pour l'autre, il faut remarquer que si l'on approche l'objet EF du verre, l'image *ef* s'en éloigne, et réciproquement. L'image ne saurait se trouver plus près du verre que lorsque l'objet en est fort éloigné; elle se trouve alors à la même distance que l'image du soleil, qu'on nomme *le foyer du verre*. Donc si l'objet est fort éloigné, l'image tombe dans le foyer même, et plus on approche l'objet du verre, plus aussi l'image s'en éloigne, et cela selon une règle démontrée dans la dioptrique, par le moyen de laquelle on peut toujours assigner le lieu de l'image pour toutes les distances de l'objet, pourvu qu'on connaisse le foyer du verre, ou la distance à laquelle tombe l'image du soleil, où s'exerce la force de brûler. Or, cette distance se trouve aisément par l'expérience. C'est de là qu'on tire la dénomination des verres, en disant: Un tel verre a son foyer à la distance d'un pouce, un autre à la distance d'un pied, un autre à la distance de dix pieds, et ainsi de suite. Les longues lunettes demandent des verres qui aient leur foyer à une grande distance, et il est très-difficile de faire de tels verres qui soient bons. J'ai autrefois payé 150 écus pour un verre qui avait son foyer à la distance de 600 pieds, que j'ai envoyé à l'Académie de Pétersbourg, et je suis bien persuadé qu'il ne valait pas grand'chose; mais on le voulait à cause de la rareté. Pour faire voir à V. A. que la



représentation de l'image *egf* (dans la figure précédente) est bien réelle, on n'a qu'à tenir dans ce lieu un papier blanc, dont les particules sont susceptibles de toutes espèces de vibrations d'où dépendent les couleurs. Alors tous les rayons du point E de l'objet, en se réunissant au point *e*, y mettront la particule du papier dans un mouvement de vibration semblable à celui qu'a le point E, et par conséquent il s'y formera la même couleur. Pareillement, les points *g* et *f* auront les mêmes couleurs que les points G et F de l'objet, et aussi on verra, sur le papier, exprimés tous les points de l'objet avec leurs couleurs naturelles; ce qui représentera la plus exacte et la plus belle peinture de l'objet. Cela réussit d'autant mieux dans une chambre obscure, mettant le verre dans un trou du volet, où l'on pourra voir sur un papier blanc tous les objets de dehors si exactement peints, qu'on pourra les suivre avec un crayon. Les peintres se servent d'une telle machine pour dessiner les paysages et les vues.

LETTRE XLI.

(15 août 1760.)

Sur la vision et la structure de l'œil.

Maintenant je me vois en état d'expliquer à V. A. de quelle manière se fait la vision dans les

yeux des hommes et de tous les animaux, ce qui est sans doute la chose la plus merveilleuse à laquelle l'esprit humain ait pu pénétrer. Quoiqu'il s'en faille beaucoup que nous la connaissions parfaitement, cependant ce peu que nous en savons est plus que suffisant pour nous convaincre de la toute-puissance et de l'infinie sagesse du Créateur; et ces merveilles doivent ravir nos esprits à la plus pure adoration de l'Être suprême. Nous reconnaîtrons dans la structure des yeux des perfections que l'esprit le plus éclairé ne saurait jamais approfondir; et le plus habile artiste ne saurait jamais fabriquer une machine de cette espèce, qui ne soit infiniment au-dessous de tout ce que nous découvrons dans les yeux, quand même nous lui accorderions le pouvoir de former la matière à son gré, et le plus haut degré de pénétration dont un homme peut être susceptible.

Je ne m'arrêterai pas ici à la description anatomique de l'œil; il suffira à mon dessein de remarquer que la membrane d'avant *aAb* (*fig.* 26) est transparente, et se nomme la *cornée*, derrière laquelle on trouve en dedans une autre membrane *am*, *bm*, circulaire, teinte de couleurs, qu'on nomme l'*iris*; au milieu de laquelle est un trou *mm*, qu'on nomme la *pupille*, qui nous paraît noire au milieu de l'iris. Derrière ce trou se trouve un corps *b*B*Ca*, semblable à un petit verre ardent parfaitement transparent, d'une substance membraneuse, qu'on nomme le *cristallin*. Derrière le cristallin, la cavité de l'œil est remplie d'une gelée parfaitement

transparente, qu'on nomme l'*humeur vitrée*. Or, la cavité d'avant, entre la cornée *a*A*b* et le cristallin *ab*, contient une liqueur fluide comme de l'eau, qu'on nomme l'*humeur aqueuse*. Voilà donc quatre matières transparentes, par lesquelles les rayons de lumière qui entrent dans l'œil doivent passer : 1° la cornée; 2° l'humeur aqueuse, entre A et B; 3° le cristallin *b*BC*a*; et 4° l'humeur vitrée : ces quatre matières diffèrent en densité, et les rayons passant de l'une à l'autre souffrent une réfraction particulière, et sont tellement arrangées, que les rayons qui viennent d'un point de quelque objet se réunissent au dedans de l'œil encore dans un point, et y présentent une image. Or, le fond de l'œil en EGF est tapissé d'un tissu blanchâtre, propre pour recevoir les images, comme j'ai remarqué que, par le moyen d'un verre convexe, on peut représenter sur un fond blanc les images des objets. C'est donc conformément au même principe que tous les objets dont les rayons entrent dans l'œil se trouvent dépeints au naturel sur le fond blanchâtre de l'œil, lequel fond est nommé la *rétine*. Quand on prend un œil de bœuf, et qu'on en ôte les parties extérieures qui couvrent la rétine, on y voit tous les objets dépeints si exactement, qu'aucun peintre ne saurait les imiter. Et toujours pour voir un objet, tel qu'il soit, il faut que son image soit dépeinte au fond de l'œil sur la rétine; et quand par quelque malheur il arrive que quelques parties de l'œil se gâtent ou perdent leur transparence, on devient aveugle. Mais il ne suffit pas, pour voir les objets,

que leurs images soient dépeintes sur la rétine, il y a des personnes qui, nonobstant cela, sont aveugles ; d'où l'on voit que les images dépeintes sur la rétine ne sont pas encore l'objet immédiat de la vision, et que la perception de notre âme se fait autre part. La rétine dont le fond de l'œil est tapissée est un tissu des plus subtils filets de nerfs qui communiquent avec un grand nerf, qui, venant du cerveau, entre en O dans l'œil, et qu'on nomme le *nerf optique*. Par les rayons de lumière qui forment l'image au fond de l'œil, ces petits nerfs de la rétine en sont agités, et cette agitation est transmise, par le nerf optique, plus loin qu'au cerveau ; et c'est sans doute là que l'âme tire la perception ; mais le plus adroit anatomiste n'est pas en état de poursuivre les nerfs jusqu'à leur origine, et cela nous demeurera toujours un mystère qui renferme la liaison de notre âme avec le corps. De quelque manière qu'on envisage cette liaison, on est obligé de la reconnaître pour le plus éclatant miracle de la toute-puissance de Dieu, que nous ne saurions jamais approfondir. Que ces esprits forts, qui rejettent tout ce qu'ils ne peuvent comprendre par leurs esprits bornés, devraient être confondus par cette réflexion !

LETTRE XLII.

(17 août 1760.)

Continuation et contemplation des merveilles qu'on découvre dans la structure de l'œil.

J'espère que V. A. sera bien aise de contempler avec moi plus soigneusement les merveilles que nous pouvons découvrir dans la structure de l'œil; et d'abord la pupille nous fournit un très-digne objet d'admiration. La pupille est ce trou noir au milieu de l'iris ou de l'*étoile*, par lequel les rayons passent dans l'intérieur de l'œil. Plus ce trou est ouvert, plus aussi de rayons peuvent entrer dans l'œil, et former sur la rétine l'image qui y paraît dépeinte; et, partant, cette image sera d'autant plus brillante que la pupille sera plus ouverte. Or, on n'a qu'à regarder bien les hommes dans leurs yeux, pour voir que l'ouverture de leur pupille est tantôt plus grande et tantôt plus petite. On remarque généralement que la pupille est fort resserrée, lorsqu'on se trouve dans un grand éclat de lumière, et qu'elle est, au contraire, fort ouverte, quand on se trouve dans un lieu peu éclairé. Cette variation est très-nécessaire pour la perfection de la vision. Quand nous nous trouvons dans une grande lumière, les rayons étant plus forts, une moindre quantité est suffisante pour ébranler

les nerfs de notre rétine, et c'est alors que la pupille est resserrée. Si elle était plus ouverte, et qu'elle admît des rayons en plus grande quantité, leur force ébranlerait trop les nerfs et causerait de la douleur. C'est le cas où nous ne saurions regarder dans le soleil sans être éblouis, et sans une douleur très-sensible dans le fond de l'œil. S'il nous était possible de contracter encore davantage la pupille, pour ne recevoir qu'une très-petite quantité de rayons, nous n'en sentirions plus d'incommodité; mais la contraction de la pupille ne dépend pas de notre pouvoir. Les aigles ont cet avantage, qu'ils peuvent directement regarder le soleil; mais aussi a-t-on remarqué que leur pupille se contracte alors tant, qu'elle paraît être réduite à un point. Comme une grande clarté demande une très-petite ouverture de la pupille, ainsi plus la clarté diminue, plus aussi la pupille s'élargit; et dans l'obscurité, elle s'ouvre au point qu'elle occupe presque tout l'iris. Si l'ouverture demeurait aussi petite que dans la clarté, les faibles rayons qui y entreraient ne seraient pas capables d'agiter les nerfs autant que le sentiment l'exige. Il faut alors que les rayons entrent dans l'œil en plus grande abondance, pour y produire un effet sensible. S'il nous était possible d'ouvrir la pupille encore davantage, nous pourrions encore bien voir dans une assez grande obscurité. On allègue à cette occasion l'exemple d'un homme qui, après avoir reçu un coup dans l'œil, eut la pupille tellement élargie, qu'il pouvait lire et distinguer les moin-

dres choses dans la plus grande obscurité. Les chats, et plusieurs autres animaux qui font leurs expéditions dans les ténèbres, ont la faculté d'élargir leurs pupilles bien plus que les hommes; et les hiboux ont toujours leurs pupilles trop ouvertes pour qu'ils puissent supporter un médiocre degre de clarté. Or, lorsque la pupille des hommes s'élargit ou se resserre, ce n'est pas un acte de leur volonté, et l'homme n'est pas le maître d'ouvrir et de contracter la pupille quand il veut. Dès qu'il se trouve dans un endroit fort éclairé, sa pupille se contracte, et quand il retourne dans un lieu moins clair ou obscur, elle se dilate; mais ce changement ne se fait pas dans un instant, il faut attendre quelques minutes, jusqu'à ce qu'elle s'accommode aux circonstances. Ainsi V. A. aura déjà remarqué, quand elle est passée subitement d'un grand éclat de lumière dans un lieu obscur, comme dans la comédie de Schuch, qu'elle n'a pu d'abord distinguer les personnes qui s'y trouvaient. La pupille était encore trop étroite pour que le peu de rayons faibles qu'elle admettait fût capable de faire une impression sensible; mais peu à peu la pupille s'élargissait pour recevoir assez de rayons. Le contraire arrive lorsqu'on passe subitement d'un lieu obscur dans un grand éclat. Alors la pupille étant trop ouverte, la rétine est trop vivement frappée, et on se trouve tout à fait ébloui, de sorte qu'on est obligé de fermer les yeux. C'est donc une circonstance fort remarquable, que la pupille se resserre et s'élargit selon les besoins de la vi-

sion, et que ce changement arrive presque de lui-même, sans que la volonté y ait aucune part. Les philosophes qui examinent la structure et les fonctions du corps humain sont fort partagés sur cet article, et il y a peu d'apparence qu'on en découvre jamais la véritable raison. Cependant, cette variabilité de la pupille est un article très-essentiel à la vision, sans lequel elle serait fort imparfaite. Mais nous découvrirons encore bien d'autres merveilles.

LETTRE XLIII.

(19 août 1760.)

Continuation, et en particulier sur la différence énorme entre l'œil d'un animal et l'œil artificiel, ou une chambre obscure.

Le principe sur lequel la structure de l'œil est fondée est, en général, le même que celui d'où j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. la représentation des objets sur un papier blanc, par le moyen d'un verre convexe. L'un et l'autre revient à ce que tous les rayons qui viennent d'un point de l'objet sont de nouveau réunis dans un seul point par la réfraction; et il semble peu important que cette réfraction se fasse par un seul verre, ou par plusieurs matières transparentes, dont l'œil est composé. De là on pourrait même soupçonner qu'une structure plus simple que l'œil, en n'y employant

qu'une seule matière transparente, aurait fourni les mêmes avantages; ce qui serait une instance bien forte contre la sagesse du Créateur, qui assurément a suivi dans ses ouvrages la route la plus simple, et qui a employé les moyens les plus propres. Il y a eu des esprits forts, et il y en a encore assez, qui se vantent que si Dieu, à la création, avait demandé leur avis, ils auraient pu lui donner de bons conseils, et que bien des choses seraient plus parfaites. Ils s'imaginent qu'ils auraient pu fournir un plan plus simple et plus propre pour la structure de l'œil. J'examinerai cet œil des esprits forts, et, d'après cet examen, V. A. verra très-clairement que cet ouvrage serait très-défectueux, et tout à fait indigne d'être mis en parallèle avec les ouvrages du Créateur.

L'œil de ces esprits forts se réduirait donc à un seul verre convexe ACBD (*fig.* 27), sur lequel j'ai bien remarqué qu'il rassemble dans un point tous les rayons qui viennent d'un point de l'objet; mais cela n'est vrai qu'à peu près. La figure circulaire qu'on donne aux faces du verre a toujours ce défaut, que les rayons qui tombent sur les extrémités du verre ne se réunissent pas au même point que ceux qui passent par le milieu du verre. Il y a toujours une petite différence, presque insensible dans les expériences où nous recevons l'image sur un papier blanc; mais si elle arrivait dans l'œil même, elle rendrait la vision fort confuse. Ces gens-là disent bien qu'on pourrait trouver, au lieu de la circulaire, une autre figure pour les faces du

verre, qui eût cette propriété, qu'elle réunît tous les rayons sortant du point O de nouveau, dans un point R, soit qu'il passe par le milieu du verre ou par ses bords. Je conviens que cela serait possible; mais si le verre avait cette propriété à l'égard du point O, qui se trouve à une certaine distance CO du verre, il ne l'aurait plus pour les points plus ou moins éloignés du verre; et quand même cela serait possible, ce qui n'est pourtant pas, il est très-certain qu'il perdrait cette qualité à l'égard des objets situés à côté, comme en T. Aussi voit-on que lorsqu'on représente les objets sur un papier blanc, quoique ceux qui se trouvent directement devant le verre, comme en O, soient assez bien exprimés, les objets situés obliquement devant le verre, comme en T, sont toujours fort défigurés et confusément exprimés; ce qui est un défaut tel, que le plus habile artiste ne saurait y remédier. Mais il y en a encore un autre qui n'est pas moins considérable. Quand j'ai parlé à V. A. des rayons de diverses couleurs, j'ai remarqué qu'en passant d'un milieu transparent dans un autre, ils souffrent une réfraction différente, et que les rayons rouges souffrent la plus petite réfraction, et les violets la plus grande. Ainsi, si le point O était rouge, et que ses rayons, en passant par le verre AB, fussent réunis au point R, ce serait là le lieu de l'image rouge; mais si le point O était violet, la réunion des rayons se ferait plus près du verre en V. Ensuite, puisque la couleur blanche est un mélange de toutes les couleurs simples, un

objet blanc mis en O formerait plusieurs images à la fois, situées à diverses distances du point O; d'où résulterait sur la rétine une tache colorée qui troublerait beaucoup la représentation. On observe aussi, en effet, que dans une chambre obscure, lorsqu'on y présente sur un papier blanc les objets de dehors, ils y paraissent bordés des couleurs de l'arc-en-ciel, et il est même impossible de remédier à ce défaut en n'employant qu'un seul corps transparent. Or, on a remarqué que cela est possible (1) par le moyen de différentes matières transparentes; mais ni la théorie ni la pratique n'ont encore été portées au point de perfection nécessaire pour pouvoir exécuter une telle construction, qui remédierait à tous ces défauts. Cependant, l'œil que le Créateur a fait n'a aucune de toutes les imperfections que je viens de rapporter, ni plusieurs autres encore auxquelles l'œil de l'esprit serait assujetti. D'où l'on comprend la véritable raison pourquoi la Sagesse divine a employé plusieurs matières transparentes à la formation des yeux; c'est pour les affranchir de toutes les imperfections qui caractérisent les ouvrages des hommes. Quel beau sujet de notre admiration! et le Psalmiste a bien raison de nous conduire à cette importante demande : Celui qui a l'œil ne verrait-il pas lui-même? et celui qui a fabriqué l'oreille n'entendrait-

(1) L'édition de 1812 porte *impossible*, ce qui détruit le sens de la phrase. *Voyez* les lettres LXXXV, LXXXVI et LXXXVII de la III[e] partie (tome II), et la note jointe à la lettre LXXXVII.

il point? Un seul œil étant un chef-d'œuvre qui surpasse tout l'entendement humain, quelle sublime idée devons-nous nous former de celui qui a pourvu non-seulement tous les hommes, mais aussi tous les animaux, et même les plus vils insectes, de ce merveilleux présent, et cela au plus haut degré de perfection!

LETTRE XLIV.

(21 août 1760.)

Sur les autres perfections qu'on découvre dans la structure de l'œil.

L'œil surpasse donc infiniment toutes les machines que l'adresse humaine est capable de produire. Les diverses matières transparentes dont il est composé ont non-seulement un degré de densité capable de causer des réfractions différentes, mais leur figure est aussi déterminée; en sorte que tous les rayons sortis d'un point de l'objet sont exactement réunis dans un même point, quoique l'objet soit plus ou moins éloigné, situé devant l'œil directement ou obliquement, et que ses rayons souffrent une différente réfraction. Au moindre changement qu'on ferait dans la nature et la figure des matières transparentes, l'œil perdrait d'abord tous les avantages que nous venons d'admirer. Cependant, les athées ont la hardiesse de soutenir que

les yeux, aussi bien que le monde tout entier, ne sont que l'ouvrage d'un pur hasard. Ils n'y trouvent rien qui mérite leur attention. Ils ne reconnaissent aucune marque de sagesse dans la structure des yeux. Ils croient plutôt avoir grande raison de se plaindre de leur imperfection, ne pouvant voir ni dans l'obscurité, ni à travers une muraille, ni distinguer les plus petites choses dans les objets fort éloignés, comme dans la lune et les autres corps célestes. Ils crient hautement que l'œil n'est pas un ouvrage fait à dessein, qu'il est formé au hasard, comme un morceau de limon qu'on rencontre dans la campagne, et qu'il était absurde de dire que nous avons des yeux afin que nous pussions voir; mais que plutôt ayant reçu les membres par hasard, nous en profitons autant que leur nature le permet. V. A. apprendra avec indignation de tels sentiments, qui ne sont pourtant que trop communs aujourd'hui parmi les gens qui se croient sages tout seuls, et qui se moquent hautement de ceux qui trouvent dans le monde des traces les plus marquées d'un Créateur souverainement puissant et sage. Il est inutile de s'engager dans une dispute avec ces gens-là; ils demeurent inébranlables dans leur sentiment, et nient les vérités les plus respectables : tant il est vrai, ce que le Psalmiste dit, que ce ne sont que les fous qui disent dans leur cœur qu'il n'y a point de Dieu! Leurs prétentions à l'égard des yeux sont aussi absurdes qu'injustes. Rien n'est plus absurde, en effet, que de vouloir voir les choses au travers

des corps par lesquels les rayons de lumière ne sauraient passer; et pour ce qui regarde une telle vue, qui pourrait distinguer dans les étoiles les plus éloignées les moindres objets, il faut remarquer que nos yeux sont disposés à nos besoins; et tant s'en faut qu'on prétende davantage, nous devons plutôt regarder ce merveilleux présent de l'Être suprême avec la plus humble vénération. Au reste, afin que nous voyions les objets distinctement, il ne suffit pas que les rayons qui viennent d'un point soient réunis dans un autre point. Il faut, outre cela, que ce point de réunion tombe précisément sur la rétine, au fond de l'œil; s'il tombait en deçà ou au delà, la vision deviendrait confuse. Or, si pour une certaine distance des objets ces points de réunion tombent sur la rétine, ceux des objets plus éloignés tombent dedans l'œil avant la rétine, et ceux des objets plus proches tomberaient derrière l'œil. L'un et l'autre cas causerait une confusion dans l'image dépeinte sur la rétine. Les yeux de chaque homme sont donc arrangés pour une certaine distance. Quelques-uns ne voient distinctement que les objets fort proches de leurs yeux; ces gens sont nommés *myopes*, on dit qu'ils ont la vue courte; d'autres, qu'on nomme *presbytes*, ne voient distinctement que les objets fort éloignés; et ceux qui voient distinctement les objets médiocres éloignés ont la vue bonne. Cependant, chaque espèce peut tant soit peu, par quelque compression, raccourcir ou allonger les yeux, et, par ce moyen, ou approcher ou éloigner

la rétine, ce qui les met en état de voir aussi distinctement les objets qui sont un peu plus ou moins éloignés; et c'est aussi un grand secours pour rendre nos yeux plus parfaits, qu'on ne saurait pas assurément attribuer à un pur hasard. Ceux qui ont la vue bonne en retirent le plus grand profit, vu qu'ils sont en état de voir distinctement les choses fort éloignées et fort proches; cependant cela ne va pas au delà d'un certain terme, et il n'y a peut-être personne qui puisse voir à la distance d'un pouce, ou même encore plus petite. Si V. A. tenait une écriture si près devant les yeux, elle n'en verrait les caractères que très-confusément. Mais je crois avoir suffisamment entretenu V. A. sur cette importante matière.

LETTRE XLV.

(23 août 1760.)

Sur la gravité ou pesanteur, considérée comme une propriété générale de tous les corps que nous connaissons.

Après tout ce que j'ai dit ci-devant sur la lumière et les rayons, j'aurai l'honneur d'entretenir V. A. d'une propriété générale de tous les corps que nous connaissons; c'est celle de la gravité ou pesanteur. On remarque que tous les corps, tant solides que fluides, tombent en bas dès qu'ils ne sont plus soutenus. Quand je tiens une pierre dans la main,

et que je la lâche, elle tombe à terre, et tomberait encore plus loin, s'il y avait un trou dans la terre. Dans le temps même que j'écris ceci, mon papier tomberait à terre, s'il n'était soutenu par ma table. La même chose arrive à tous les corps que nous connaissons. Il n'en est aucun qui ne tomberait à terre, dès qu'il n'est plus soutenu ou arrêté. La cause de ce phénomène ou de ce penchant qui se trouve dans tous les corps, est nommée leur *gravité* ou leur *pesanteur*. Quand on dit que tous les corps sont graves, on entend qu'ils ont un penchant à tomber, et qu'ils tomberont tous en effet, dès qu'on ôte ce qui les a soutenus jusqu'ici. Les anciens n'ont pas assez connu cette propriété. Ils ont cru qu'il y avait aussi des corps qui, par leur nature, montent en haut, comme nous le voyons dans la fumée et les vapeurs, qui, au lieu de descendre, montent plutôt en haut; et ils ont nommé ces corps *légers*, pour les distinguer des autres qui ont un penchant à tomber. Mais, dans ces derniers temps, on a reconnu que c'est l'air qui pousse cette matière en haut; car, dans un espace vide d'air, qu'on fait par le moyen de la machine pneumatique, la fumée et les vapeurs descendent aussi bien qu'une pierre; d'où il suit que ces matières sont par leur nature aussi bien graves et pesantes que les autres. Or, quand elles montent dans l'air, il leur arrive la même chose que lorsque enfonçant du bois sous l'eau, nonobstant sa pesanteur, il remonte en haut, et nage sur l'eau dès que je l'abandonne. La raison en est que le bois est moins

pesant que l'eau; et c'est une règle générale, que tous les corps montent dans un fluide qui est plus pesant qu'eux. Dans un vase rempli de vif-argent, si l'on y jette quelques morceaux de fer, de cuivre, d'argent et même de plomb, ils y surnagent, et y étant submergés, ils remontent d'eux-mêmes; l'or seul y tombe au fond, parce qu'il est plus pesant que le vif-argent. Donc, comme il y a des corps qui montent dans l'eau ou dans un autre fluide, nonobstant leur gravité, et cela par la seule raison qu'ils sont moins pesants que l'eau ou autre fluide, il n'est pas surprenant que certains corps qui sont moins pesants que l'air, tels que la fumée ou les vapeurs, y montent. J'ai déjà eu l'honneur de faire remarquer à V. A. que l'air lui-même est pesant, et que c'est par sa pesanteur qu'il soutient le mercure dans le baromètre. Ainsi, quand on dit que tous les corps sont pesants, il faut entendre que tous les corps, sans en excepter aucun, tomberaient en bas dans un espace vide d'air. Je pourrais même ajouter qu'ils y tombent avec une égale rapidité; car, sous une cloche de verre dont on pompe l'air, un ducat et une plume tombent avec une égale vitesse; mais c'est ce dont je parlerai plus amplement dans la suite. On pourrait objecter, contre cette propriété générale des corps, qu'une bombe lancée par un mortier ne tombe pas d'abord à terre comme une pierre que je laisserais tomber de ma main, mais qu'elle monte en haut : mais veut-on inférer de là que la bombe n'a point de pesanteur? Il n'est que trop évident que c'est la force

de la poudre qui pousse la bombe en haut, sans quoi elle tomberait sûrement à l'instant. Nous voyons même que la bombe ne monte pas toujours, mais que, dès que la force qui la pousse en haut cesse, la bombe tombe en effet, et écrase tout ce qu'elle rencontre; ce qui est une preuve complète de sa pesanteur. Donc, quand on dit que tous les corps sont pesants, on ne nie pas qu'ils ne puissent être arrêtés, ou même jetés en haut; mais cela se fait par des forces étrangères aux corps, et il demeure toujours certain que tout corps, quel qu'il soit, dès qu'il est abandonné à lui-même et en repos ou sans mouvement, tombera certainement aussitôt qu'il ne sera plus soutenu. Sous ma chambre est une cave, mais mon plancher me soutient, et m'empêche d'y tomber. Si mon plancher se pourrissait subitement, et que la voûte de ma cave s'éboulât en même temps, je serais infailliblement bientôt précipité dans ma cave; cela vient de ce que mon corps est pesant, de même que tous les autres corps que nous connaissons. Je dis *que nous connaissons*, car peut-être y aurait-il des corps sans pesanteur, comme les corps des anges qui sont apparus autrefois; un tel corps ne tomberait pas, quand même on lui ôterait le plancher, et il marcherait aussi facilement en haut dans l'air, qu'ici-bas sur la terre. Ces corps exceptés, que nous ne connaissons pas, la propriété générale de tous ceux que nous connaissons est la pesanteur, en vertu de laquelle ils ont tous un penchant à tomber, et tombent effectivement, dès que rien ne s'oppose à leur chute.

LETTRE XLVI.

(25 août 1760.)

Continuation du même sujet, et en particulier sur la gravité spécifique.

V. A. vient de voir que la gravité est une propriété générale de tous les corps que nous connaissons, et qu'elle consiste dans un penchant qui, par une force invisible, les pousse en bas. Les philosophes disputent beaucoup s'il est effectivement une telle force qui agisse d'une manière invisible sur les corps et les pousse en bas, ou si c'est plutôt une qualité interne renfermée dans la nature même de tous les corps, et comme un instinct naturel qui les détermine à descendre. Cette question revient à celle-ci, si la cause de la pesanteur se trouve dans la nature même de chaque corps, ou si elle existe hors d'eux, de sorte que, si elle venait à manquer, le corps cesserait d'être pesant? ou, plus simplement encore : on demande si la cause de la pesanteur existe dans les corps ou hors d'eux? Or, avant que d'entrer dans cette dispute, il est nécessaire d'examiner plus soigneusement toutes les circonstances dont la pesanteur des corps est accompagnée. D'abord je remarque que lorsqu'on soutient un corps pour empêcher qu'il ne tombe actuellement, comme si l'on pose le corps sur une table,

cette table éprouve la même force avec laquelle le corps voudrait tomber; et quand on attache le corps à un fil qu'on tient suspendu, le fil est tendu par la force qui pousse le corps en bas, c'est-à-dire par sa pesanteur; de sorte que si le fil n'était pas assez fort, il se déchirerait. De là nous voyons que tous les corps exercent une certaine force sur les obstacles qui les soutiennent et les empêchent de tomber, et que cette force est précisément la même que celle qui ferait tomber le corps, s'il était libre. Quand on pose une pierre sur une table, cette table en est pressée. On n'a qu'à mettre la main entre la pierre et la table, et on sentira bien cette force, qui même est telle, qu'elle pourrait bien devenir assez grande pour écraser la main. Cette force est nommée *le poids du corps*, et il est clair que le poids ou la pesanteur de chaque corps signifient la même chose, l'un et l'autre marquant la force dont le corps est poussé en bas, soit que cette force existe dans le corps même, ou hors de lui. Nous avons une idée trop claire du poids des corps, pour qu'il soit nécessaire de m'y arrêter davantage; je remarque seulement que lorsqu'on joint deux corps ensemble, leurs poids sont aussi ajoutés, de sorte que le poids du composé est égal à la somme des poids des parties : d'où nous voyons que les poids des corps peuvent être fort différents entre eux. Nous avons même un moyen très-sûr de comparer les poids des corps entre eux, et de les mesurer exactement : cela se fait à l'aide d'une balance, qui a cette propriété que lorsque les corps mis dans ses deux bassins

sont également pesants, la balance se trouve en équilibre. Pour réussir dans cette comparaison, on établit ici une mesure fixe, qui est un certain poids, comme par exemple une livre; et, moyennant une bonne balance, on peut peser tous les corps, et assigner à chacun le nombre de livres que leur poids contient. Si un corps est trop grand pour être mis dans un bassin de la balance, on le partage; et ayant pesé chacune des parties, on n'a qu'à ajouter ensemble les poids. De cette manière on pourrait trouver le poids d'une maison tout entière, quelque grande qu'elle soit.

V. A. aura déjà remarqué qu'un petit morceau d'or pèse autant qu'un morceau de bois beaucoup plus grand; d'où l'on voit que les poids des corps ne se règlent pas toujours sur leurs grandeurs, un corps très-petit pouvant être d'un grand poids, pendant qu'un autre très-grand pèserait très-peu. Chaque corps est donc susceptible de deux mesures tout à fait différentes. Par l'une, on détermine sa grandeur ou son étendue, qu'on nomme aussi son volume, et cette mesure appartient à la géométrie, où l'on enseigne la manière de mesurer la grandeur ou l'étendue du corps. Mais l'autre manière de mesurer les corps, par laquelle on définit leur poids, est tout à fait différente; et c'est par là qu'on distingue la nature des différentes matières dont les corps sont formés. Que V. A. conçoive plusieurs masses de différentes matières, qui toutes soient de la même grandeur ou étendue; que chacune, par exemple, ait la figure d'un cube dont la longueur,

la largeur et la hauteur soient d'un pied. Un tel volume, s'il était d'or, pèserait 1330 livres; s'il était d'argent, il pèserait 770 livres; s'il était de fer, il pèserait 500 livres; s'il était d'eau, il ne pèserait que 70 livres; et s'il était d'air, il ne pèserait que la douzième partie d'une livre : d'où V. A. voit que les différentes matières dont les corps sont composés forment une différence très-considérable par rapport à leur pesanteur. Pour exprimer cette différence, on emploie certains termes qui pourraient paraître équivoques, si on ne les entendait pas bien. Ainsi quand on dit, par exemple, que l'or est plus pesant que l'argent, il ne faut pas entendre qu'une livre d'or soit plus pesante qu'une livre d'argent, car une livre, de quelque matière qu'elle soit, est toujours une livre, et a précisément toujours le même poids; mais le sens est, qu'ayant deux morceaux de la même grandeur, l'un d'or et l'autre d'argent, le poids d'or sera plus grand que celui d'argent. De même, quand on dit que l'or est 19 fois plus pesant que l'eau, le sens est, qu'ayant deux volumes égaux, l'un d'or et l'autre d'eau, celui qui est d'or aura un poids 19 fois plus grand que celui d'eau. Dans cette manière de parler on ne dit rien du poids absolu des corps, mais on n'en parle que par comparaison, en se rapportant toujours à des volumes égaux. Il n'importe pas même si ces volumes sont grands ou petits, pourvu qu'ils soient égaux.

LETTRE XLVII.

(27 août 1760.)

Sur quelques termes et mots relatifs à la pesanteur des corps, et sur le vrai sens qu'on doit leur donner.

La gravité ou la pesanteur nous paraît si essentielle à la nature des corps, qu'il nous est presque impossible de concevoir l'idée d'un corps qui ne serait point pesant. Cette qualité entre aussi si généralement dans toutes nos entreprises, que partout il faut avoir égard à la pesanteur ou au poids des corps. Nous-mêmes, soit que nous soyons debout, ou assis, ou couchés, nous sentons continuellement l'effet de la pesanteur de notre propre corps; nous ne tomberions jamais, si notre corps et toutes ses parties n'étaient pas pesantes, ou douées de ce penchant qui les porte à tomber en bas dès qu'elles ne sont plus soutenues. Notre langage même est réglé sur cette propriété des corps, et nous nommons *en bas* la pente vers laquelle ce penchant des corps est dirigé. Ce mot n'a pas d'autre signification; et si ce penchant tendait vers une autre direction, nous nommerions cette autre direction *en bas*. De même nous nommons la direction opposée à celle-ci *en haut*, où il faut remarquer que lorsqu'on laisse tomber librement un corps, il descend toujours par une

ligne droite, suivant laquelle on dit qu'il est dirigé en bas. Cette ligne est aussi nommée *verticale*, qui est, par conséquent, toujours une ligne droite tirée de haut en bas; et si nous concevons cette ligne prolongée en haut jusqu'au ciel, nous nommons ce point du ciel notre *zénith*, qui est un mot arabe, et signifie le point du ciel qui est directement au-dessus de notre tête. De là V. A. comprend ce que c'est qu'une ligne verticale : c'est cette ligne droite par laquelle un corps tombe dès qu'il n'est plus soutenu. Quand on attache un corps à un fil qu'on tient ferme par l'autre bout, ce fil étant en repos sera tendu en ligne droite, qui sera aussi la ligne verticale. C'est ainsi que les maçons se servent d'un fil chargé d'une boule de plomb, que par cette raison ils nomment un *aplomb*, lorsqu'ils élèvent des murailles qui doivent être verticales, afin qu'elles ne tombent point.

Tous les planchers d'une maison doivent être tellement dressés, que la ligne verticale y soit perpendiculaire; et alors on dit que le plancher est *horizontal*: d'où V. A. comprend qu'un plan horizontal est toujours celui auquel la ligne verticale est perpendiculaire. Quand on est dans une plaine parfaite qui n'est bornée par aucune montagne, les extrémités s'en nomment l'*horizon*, qui est un mot grec, lequel marque le terme de notre vue; et cette plaine alors représente un plan horizontal, de même que la surface d'un lac. On se sert aussi d'un autre terme pour désigner ce qui est horizontal. On dit qu'une telle surface ou ligne est à son *niveau*. On

dit aussi que deux points sont à niveau, lorsque la ligne droite qui passe par les deux points est horizontale, de sorte que la ligne verticale, ou la ligne aplomb, y soit perpendiculaire. Mais deux points ne sont pas à niveau, lorsque la ligne droite tirée par ces points n'est pas horizontale. Alors l'un de ces deux points est plus élevé que l'autre. Cela a lieu dans les rivières dont la surface a une pente; car si elle était horizontale, la rivière serait en repos et ne coulerait point, puisque toutes les rivières coulent toujours vers les lieux moins élevés. On a des instruments par le moyen desquels on peut découvrir si les deux points sont à niveau, ou si l'un est plus élevé que l'autre, et de combien. On appelle cet instrument simplement un *niveau*, et l'art de s'en servir, l'*art de niveler*. Si V. A. voulait faire tirer une ligne droite d'un point de son appartement à Berlin, à un point pris dans son appartement à Magdebourg, on pourrait, par le moyen de cet instrument, trouver si cette ligne serait horizontale, ou si l'un des deux points serait plus ou moins élevé que l'autre. Je crois que le point de Berlin serait plus élevé que celui de Magdebourg. Je fonde ce sentiment sur le cours des rivières de la Sprée, de la Havel et de l'Elbe. Puisque la Sprée coule dans la Havel, il faut que la Havel soit plus basse que la Sprée; et, par la même raison, l'Elbe doit être plus basse que la Havel; d'où il s'ensuit que Berlin est plus élevé que Magdebourg, c'est-à-dire, au rez-de-chaussée; car si l'on tirait une ligne droite du rez-de-chaussée de Ber-

lin au sommet du clocher du Dohm de Magdebourg, peut-être cette ligne serait-elle horizontale.

De là V. A. peut comprendre aussi combien est utile l'art de niveler, lorsqu'il s'agit de la conduite des eaux; car puisque l'eau ne saurait couler que d'un lieu plus élevé vers un lieu qui l'est moins, avant de creuser le canal par lequel on veut que l'eau coule, il faut être bien assuré qu'une extrémité est plus élevée que l'autre, ce qu'on connaîtra par le nivellement. En bâtissant même une ville, il faut arranger les rues de sorte qu'elles aient une pente vers un côté, afin que l'eau s'écoule. Il n'en est pas ainsi dans les bâtiments où l'on veut que les planchers des appartements soient parfaitement de niveau et n'aient aucune pente, parce qu'il ne s'y agit de faire écouler l'eau, à moins que ce ne soit dans les écuries, où l'on donne une pente aux planchers. Les astronomes sont aussi fort attentifs sur les planchers de leurs observatoires, qui doivent être parfaitement au niveau, afin de répondre à l'horizon réel qu'on voit au ciel, la ligne verticale prolongée en haut lui marquant son zénith.

LETTRE XLVIII.

(28 août 1760.)

Réponse à quelques objections qu'on fait contre la figure sphérique de la terre, et qui sont tirées de la pesanteur.

V. A. n'ignore pas que la terre tout entière a à peu près la figure d'un globe; car, quoique dans ces derniers temps on ait découvert que cette figure n'est pas parfaitement sphérique, mais aplatie tant soit peu vers les pôles, la différence est si petite, qu'elle n'est d'aucune conséquence pour le dessein que j'ai en vue. Aussi les montagnes et vallées ne troublent pas beaucoup cette figure sphérique, le globe étant si grand, que son diamètre est de 1 720 milles d'Allemagne, pendant que la hauteur des plus hautes montagnes excède à peine un demi-mille.

Les anciens ont fort peu connu la véritable figure de la terre. La plupart l'ont regardée comme une grande masse ABCD (*fig.* 28), aplatie par-dessus AB, et couverte en partie de terre, et en partie d'eau. Selon eux, cette seule surface AB était habitable; et il était impossible d'aller au delà de A et B, qu'ils ont regardés comme les termes du monde. Lorsque ensuite on a été convaincu que la figure de la terre était à peu près sphérique, et partout habitable, de sorte qu'il y avait des endroits qui nous étaient directement opposés, où les habitants

tournaient les pieds vers les nôtres, c'est de là qu'on les nomme *Antipodes*. Ce sentiment éprouva des contradictions telles, que quelques Pères de l'Église le regardèrent comme une grande hérésie, et prononcèrent anathème contre ceux qui croyaient l'existence des Antipodes. Aujourd'hui néanmoins on passerait pour sot, si l'on voulait douter de leur existence, depuis surtout que ce sentiment a été confirmé par les voyageurs qui ont déjà fait plusieurs fois le tour de la terre. Mais on rencontre cependant encore dans ce système bien des difficultés qu'il est fort important de lever.

Car si le cercle (*fig.* 29) représente toute la terre, et que nous soyons en A, nos Antipodes se trouveront diamétralement opposés à nous en B; donc, puisque nous avons la tête en haut et les pieds en bas, il faut que nos Antipodes aient les pieds en haut et la tête en bas, ce qui paraît fort étrange; car ceux qui ont fait le tour de la terre ne s'en sont pas aperçus dans leurs voyages, et ne se souviennent point d'avoir jamais eu la tête en bas et les pieds en haut. Or, si l'Antipode en B avait la tête en haut et les pieds en bas, il toucherait la terre de sa tête, et marcherait avec la tête. Dans l'embarras que cause ce phénomène, quelques-uns prétendent l'expliquer par un globe sur la surface duquel on voit souvent marcher des mouches ou d'autres insectes, tant en haut qu'en bas; mais ils ne considèrent pas que les insectes qui sont en bas s'y accrochent par leurs ongles, et qu'ils tomberaient bientôt en bas sans ce secours. D'ailleurs

il faudrait que l'Antipode eût des crochets à ses souliers, pour s'accrocher à la terre; cependant, quoiqu'il n'en ait point, il ne tombe pas plus que nous. En outre, comme nous nous imaginons d'être sur le haut de la terre, l'Antipode s'y croit également, et s'imagine que nous sommes en bas. Il est peut-être même aussi en peine pour nous que nous le sommes pour lui, et ne peut pas concevoir comment nous, ayant, à ce qu'il pense, les pieds en haut et la tête en bas, pouvons vivre et marcher sans avoir des crochets forts à nos souliers. Si quelqu'un, en effet, voulait s'accrocher au plafond d'une salle avec les pieds, et laisser pendre sa tête en bas, il faudrait que les crochets de ses souliers fussent bien forts, et malgré cela il ferait une bien triste figure. Je ne voudrais pas être à sa place, car je craindrais trop de me casser le cou, ou du moins le sang qui me coulerait dans la tête me causerait bien du mal. J'aimerais mieux alors aller plutôt dans le pays de nos Antipodes, parce que je serais assuré d'y être aussi bien qu'ici, et que je ne craindrais pas d'y passer si mal mon temps que si j'étais attaché par les pieds à quelque plafond. Je suis cependant trop vieux pour entreprendre un tel voyage, qui serait au moins de 2 700 milles d'Allemagne. Mais le pauvre Antipode, pour lequel on est tant en peine de peur qu'il ne tombe, en cas que les crochets de ses pieds vinssent à manquer, où tomberait-il, si le cas arrivait? On répondrait sans doute qu'il tomberait *en bas;* mais cet *en bas* s'éloignerait de plus en plus de la terre,

et l'Antipode serait bien à plaindre, puisqu'il ne trouverait plus où mettre ses pieds, et qu'il continuerait de tomber peut-être éternellement. Cette crainte cependant n'a aucun fondement, et jamais on n'a encore entendu que nos Antipodes aient fait une si terrible chute en s'éloignant de plus en plus de la terre; au contraire, quand ils tombent, ils tombent comme nous, en s'approchant de la terre, et encore s'imaginent-ils qu'ils tombent alors en bas. Ce n'est donc qu'une illusion de croire que nos Antipodes ont les pieds en haut et la tête en bas, et de nous les figurer comme dans une situation renversée. Cette illusion ne vient que d'une fausse idée que nous attachons aux termes *en bas* et *en haut*. Partout où nous nous trouvons sur la terre, c'est l'*en-bas* vers lequel les corps tombent, et l'*en-haut* lui est contraire. C'est ainsi que j'ai déjà déterminé le sens de ces termes dans ma lettre précédente, et je crois que cette idée vaut bien la peine d'être plus exactement développée, afin de pouvoir répondre à toutes les objections qu'on fait à l'égard des Antipodes, quoique je ne croie pas que V. A. se soit beaucoup mise en peine pour eux.

LETTRE XLIX.

(29 août 1760.)

Sur la vraie direction et sur l'action de la gravité relative à la terre.

Quoique la surface de la terre soit raboteuse, à cause des montagnes et des vallées qui s'y trouvent, elle est cependant parfaitement aplanie partout où il y a de la mer; puisque la surface de l'eau est toujours horizontale, et que la ligne verticale suivant laquelle les corps tombent lui est perpendiculaire. Donc, si toute la terre était couverte d'eau, en quelque lieu de la terre qu'on se trouvât, la ligne verticale serait perpendiculaire à la surface de l'eau.

Ainsi, quand la figure ABCDEFGHI (*fig.* 30) représente la terre, sa surface étant partout horizontale, au lieu A la ligne *a*A sera verticale, au lieu B la ligne *b*B, au lieu C la ligne *c*C, au lieu D la ligne *d*D, au lieu F la ligne *f*F, et ainsi de suite. Or, en chaque lieu, la ligne verticale détermine ce qu'on y nomme l'*en-bas* et l'*en-haut;* donc, pour ceux qui sont en A, le point A sera en bas, et le point *a* en haut; et pour ceux qui sont en F, le point F sera en bas, et le point *f* en haut, et ainsi de tous les autres lieux de la terre. Toutes ces lignes verticales *a*A, *b*B, *c*C, *d*D, etc., sont nommées aussi les

directions de la gravité ou de la pesanteur, puisque partout les corps tombent suivant ces lignes, de sorte qu'un corps lâché en g tomberait par la ligne gG; d'où l'on voit que partout les corps doivent tomber vers la terre, et cela perpendiculairement à la surface de la terre, ou plutôt de l'eau, s'il y en avait. Donc aussi, en quelque lieu de la terre qu'on puisse se trouver, puisque les corps y tombent vers la terre, ce qu'on y nomme *en bas* sera dirigé vers la terre, et ce qui s'éloigne de la terre est nommé *en haut;* et partout les hommes ayant les pieds posés à terre, leurs pieds seront en bas et leurs têtes en haut. On voit donc que nos Antipodes se trouvent dans la même condition que nous, et que nous aurions grand tort de leur reprocher d'avoir les pieds en haut et la tête en bas; car partout, vers la terre, c'est toujours en bas et le contraire en haut. Si la terre était un globe parfait, toutes les lignes verticales aA, bB, cC, etc., étant prolongées en dedans, concourraient au centre du globe O, qu'on nomme le centre de la terre; et c'est pourquoi l'on dit que partout les corps ont un penchant à s'approcher du centre de la terre : ainsi, en quelque endroit qu'on se trouve, si l'on demande ce qui est en bas, on répondra que c'est ce qui tend vers le centre de la terre. En effet, si l'on creusait un trou dans la terre, en quelque lieu que ce soit, et qu'on continuât sans cesse ce travail en creusant toujours en bas, on parviendrait enfin au centre de la terre. V. A. se souviendra que M. *** s'est souvent moqué de ce trou qui va jusqu'au

centre de la terre, dont M. de Maupertuis avait parlé. Il est bien vrai qu'un tel trou ne saurait jamais être exécuté, parce qu'il faudrait creuser à la profondeur de 860 milles d'Allemagne; cependant il est permis d'en faire la supposition, pour rechercher ce qui arriverait alors.

Supposons donc que ce trou creusé en A (*fig.* 31) soit continué au delà du centre de la terre O par toute l'épaisseur de la terre jusqu'à nos Antipodes B, et que nous descendions par ce trou. Avant d'arriver au centre O, et étant par exemple parvenus en E, le centre de la terre O nous paraîtra au-dessous, et le point A en haut; et si nous ne nous tenions bien ferme, nous tomberions vers O. Mais ayant passé au delà du centre O, par exemple en F, notre pesanteur tendrait vers O, et ce point O, et à plus forte raison le point A nous paraîtra en bas, et le point B en haut; ainsi ces termes d'en haut et d'en bas changeraient subitement de signification, quoique nous passassions par une ligne droite de A vers B. Tant que nous sommes à passer de A en O, nous descendons; mais en passant de O vers B, nous montons effectivement, puisque nous nous éloignons du centre, notre propre pesanteur étant toujours dirigée vers le centre de la terre; de sorte que si nous tombions, soit en E ou en F, nous tomberions toujours vers le centre de la terre. Notre Antipode en B, qui voudrait passer par le trou de B en A, se trouverait précisément dans le même cas; depuis B jusqu'au centre O, il serait obligé de descendre; mais depuis O jusqu'en A il faudrait

qu'il montât. Ces considérations nous conduisent à établir, sur la gravité ou la pesanteur des corps, cette idée, que la gravité ou la pesanteur est une force avec laquelle tous les corps sont poussés vers le centre de la terre. Le même corps qui étant en A est poussé selon la direction AO, lorsqu'il est transporté en B, sera poussé par la gravité suivant la direction BO, qui est contraire à la première. Partout donc c'est sur la direction de la gravité que le langage règle la signification des termes *en bas* et *en haut; descendre* ou *monter :* puisque la gravité ou la pesanteur des corps a une influence très-essentielle sur toutes nos entreprises, et que même nos propres corps en sont animés, de sorte que nous en éprouvons partout les effets.

LETTRE L.

(30 août 1760.)

Sur la différente action de la gravité, en particulier à l'égard des différentes contrées et distances au centre de la terre.

V. A. est maintenant éclaircie sur un grand article qui concerne l'action de la gravité ; savoir, que tous les corps qui se trouvent sur la terre sont partout poussés, par leur gravité ou pesanteur, directement vers le centre de la terre, ou bien perpendiculairement sur la surface de la terre, ce qu'on nomme la direction de la force de la gravité. On a

raison de nommer la pesanteur des corps une *force,* attendu que tout ce qui est capable de mettre un corps en mouvement est appelé force. C'est ainsi qu'on attribue une force aux chevaux, puisqu'ils peuvent traîner un chariot; et aussi au courant d'une rivière, ou au vent, puisque, par leur moyen, les moulins peuvent être mis en mouvement. Il n'y a donc point de doute que la pesanteur ne soit une force, puisqu'elle fait tomber les corps; aussi sentons-nous l'effet de cette force, par la pression que nous éprouvons en portant un fardeau. Or, dans toute force il y a deux choses à considérer : premièrement, la direction suivant laquelle elle agit ou pousse les corps, et ensuite la véritable grandeur de chaque force. Quant à la pesanteur, nous sommes suffisamment éclaircis sur sa direction, sachant que les corps en sont toujours poussés vers le centre de la terre, ou perpendiculairement à sa surface. Il reste donc à examiner la grandeur de cette force qui rend les corps pesants. Cette force est toujours déterminée par le poids de chaque corps; et comme les corps diffèrent beaucoup par rapport à leurs poids, ceux qui sont plus pesants sont aussi poussés avec plus de force en bas, et le poids de chaque corps est toujours la juste mesure de la force avec laquelle il est poussé en bas, c'est-à-dire, de sa pesanteur. Or, on demande si le même corps, étant transporté dans d'autres lieux de la terre, conserve toujours le même poids? Je parle des corps qui ne perdent rien par évaporation ou exhalaison. Par des expé-



riences très-certaines, on a été convaincu que le même corps, étant transporté vers l'équateur, devient tant soit peu moins pesant que si on le transportait vers les pôles de la terre. V. A. comprend aisément qu'on ne saurait découvrir cette différence par la meilleure balance; car les poids dont on se sert pour peser les corps sont assujettis à la même variation. Ainsi un poids qui pèserait ici 100 livres, étant transporté sous l'équateur, aura bien encore le nom de 100 livres, mais son effort à tomber sera un peu moindre qu'ici. On a reconnu cette variation par l'effet même de la force de pesanteur, qui est la chute; et on a remarqué que le même corps, sous l'équateur, ne tombe pas si vite qu'ici. Il est donc certain que le même corps, étant transporté à différents lieux de la terre, souffre quelque petit changement dans son poids. Maintenant rentrons dans le trou fait au travers de la terre par son centre, et il est clair qu'un corps étant mis dans le centre même y doit perdre toute sa pesanteur ou son poids, puisqu'il n'aurait plus aucun penchant à se mouvoir, vu que partout ailleurs son penchant est dirigé vers le centre de la terre. Donc, parce qu'un corps au centre de la terre n'a plus de poids, il s'ensuit qu'en descendant à ce centre, son poids sera successivement diminué; d'où l'on conclut qu'un corps, en pénétrant dans les entrailles de la terre, perd de son poids à mesure qu'il approche du centre. V. A. peut donc comprendre que la pesanteur n'est pas si nécessairement liée avec la nature de chaque corps, qu'il le

semble au premier coup d'œil; puisque non-seulement sa grandeur peut varier, mais aussi la direction, qui, en passant aux Antipodes, devient même contraire.

Après avoir fait en idée le voyage jusqu'au centre de la terre, revenons à sa surface, et montons même sur les plus hautes montagnes. Or, nous n'y remarquerons aucun changement sensible dans la pesanteur des corps, quoiqu'on ait des raisons assez fortes pour se persuader que le poids d'un corps devrait diminuer à mesure qu'on l'éloigne de la terre. En effet, on n'a qu'à s'imaginer qu'un corps, étant de plus en plus éloigné de la terre, parvienne par exemple enfin jusqu'au soleil, ou même jusqu'à quelque étoile fixe; et il serait ridicule de prétendre que ce corps retomberait sur la terre, puisque toute la terre n'est presque rien par rapport à ces vastes corps célestes. On doit donc conclure de là qu'un corps, en s'éloignant de la terre, doit souffrir une diminution dans sa pesanteur, qui deviendra de plus en plus petite, jusqu'à ce qu'elle s'évanouisse enfin tout à fait. Cependant, il y a des raisons qui nous convainquent qu'en éloignant un corps jusqu'à la distance de la lune, il y aurait encore quelque poids, mais qui serait environ 3 600 fois plus petit que celui qu'il a sur la terre. Concevons que ce corps pèserait sur la terre 3 600 livres, personne certainement ne serait capable de le soutenir ici; mais qu'on l'éloigne jusqu'à la distance de la lune, et je m'engage de l'y soutenir avec un doigt; car il ne pèsera plus là qu'une livre, et

encore plus loin il pèserait encore moins. Nous connaissons donc que la gravité est une force qui pousse tous les corps vers le centre de la terre; que cette force agit le plus vigoureusement à la surface de la terre, et qu'elle diminue lorsqu'on s'éloigne de cette surface, tant en pénétrant en dedans vers le centre, qu'en montant en haut. J'aurai encore plusieurs choses à dire sur ce sujet à V. A.

LETTRE LI.

(1er septembre 1760.)

Sur la gravité de la lune.

V. A. vient de voir qu'un corps étant élevé de la terre jusqu'à la hauteur de la lune n'y aurait plus que la 3600e partie de son poids, ou bien qu'il y serait poussé vers le centre de la terre avec une force 3600 fois plus petite que celle qu'il éprouve ici-bas. Cependant cette force suffirait pour le faire tomber sur la terre, dès qu'il ne serait plus soutenu. Il est bien vrai qu'on ne saurait s'en convaincre par aucune expérience; nous sommes trop attachés à la terre pour pouvoir nous élever si haut; mais il y a néanmoins un corps à cette hauteur, c'est la lune. Elle devrait donc bien sentir cet effet de gravité, et nous ne voyons cependant pas que la lune tombe sur la terre. Je réponds à cela que si la lune était en repos, elle tomberait infailliblement; mais comme

elle est portée d'un mouvement extrêmement rapide, c'est précisément cette raison qui l'empêche de tomber. Des expériences faites ici-bas sur la terre peuvent nous convaincre de la solidité de cette réponse. Une pierre lâchée de la main, sans lui imprimer aucun mouvement, tombe d'abord, et cela par une ligne droite, savoir, la verticale; mais si l'on jette cette pierre en lui imprimant un mouvement à côté, elle ne tombe plus directement en bas; elle se meut par une ligne courbe avant que d'atteindre la terre; et cela arrivera d'autant plus, que plus on lui aura imprimé de vitesse. Un boulet de canon, tiré selon une direction horizontale, ne parvient à la terre que fort loin; et si on le tirait sur une haute montagne, il parcourrait peut-être plusieurs milles avant que d'arriver à la terre. Qu'on hausse encore davantage le canon, et qu'on augmente la force de la poudre, et le boulet alors sera porté beaucoup plus loin. On pourrait pousser la chose si loin, que le boulet ne tomberait que chez nos Antipodes; et en la poussant encore plus loin, il pourrait arriver que le boulet ne tomberait plus du tout, mais qu'il retournerait à l'endroit où il a été tiré, et ferait ainsi un nouveau tour du monde; ce serait une petite lune qui ferait ses révolutions de même que la véritable autour de la terre. Que V. A. daigne à présent réfléchir sur la grande hauteur où la lune se trouve, et la prodigieuse vitesse dont elle est portée. Elle ne sera plus surprise alors que la lune ne tombe pas à terre, quoiqu'elle soit poussée par la gravité vers son centre. Une autre

réflexion mettra cela dans un plus grand jour. Nous n'avons qu'à bien considérer le chemin qu'une pierre jetée obliquement, ou un boulet de canon, décrit. Le chemin est toujours une ligne courbe, telle que représente la *fig.* 32.

A est le sommet d'une montagne où le boulet de canon a été tiré, lequel, ayant parcouru le chemin AEFB, tombe à terre en B, et ce chemin est une ligne courbe. Sur cela je remarque d'abord que si le boulet n'était pas pesant, c'est-à-dire, s'il n'était pas poussé vers la terre, il n'y tomberait pas, quand même on le lâcherait librement, puisque la pesanteur est la seule cause de sa chute. Donc, à plus forte raison, étant tiré en A, comme la figure le représente, il ne tomberait jamais à terre; d'où nous apprenons que c'est la pesanteur qui fait enfin tomber le boulet, et qui lui fait décrire la ligne courbe AEFB. Nous apprenons donc par là que la pesanteur est la cause de la courbure du chemin AEFB que le boulet parcourt; d'où je conclus que, s'il n'y avait point de pesanteur, le boulet ne décrirait pas une ligne courbe. Mais une ligne qui n'est pas courbe est nécessairement droite; donc si le boulet n'était pas poussé vers la terre par sa pesanteur, il s'en irait par la ligne droite ponctuée AC, suivant laquelle il aurait été tiré. Cela posé, considérons la lune, qui ne se meut pas assurément selon une ligne droite : puisqu'elle se tient toujours à peu près à la même distance de nous, il faut bien que son chemin soit courbe, et à peu près semblable à un cercle qu'on décrirait autour de la terre à la distance

de la lune. On est maintenant en droit de demander pourquoi la lune ne se meut point en ligne droite? et la réponse ne sera pas difficile. Car ayant vu que la pesanteur est la cause de la courbure du chemin qu'une pierre jetée, ou un boulet de canon tiré, décrit, il est très-raisonnable de soutenir que la pesanteur agit aussi sur la lune, en la poussant vers la terre, et que cette même pesanteur cause la courbure du mouvement de la lune. La lune est donc pesante et a un certain poids; donc elle est poussée vers la terre; mais ce poids est 3600 fois plus petit que si la lune se trouvait à la surface de la terre. Or, ceci n'est pas seulement une conjecture assez probable; on peut même assurer que c'est une vérité démontrée; car, en supposant cette pesanteur, on est en état de déterminer, par les principes les plus solidement établis dans les mathématiques, le mouvement que la lune devrait suivre, et ce mouvement se trouve exactement d'accord avec le vrai mouvement de la lune; ce qui fait la preuve la plus certaine.

LETTRE LII.

(3 septembre 1760.)

Sur la découverte de la gravitation universelle faite par le grand Newton.

La pesanteur ou gravité est donc une propriété de tous les corps terrestres et de la lune même.

C'est la pesanteur par laquelle la lune est poussée vers la terre, qui modère son mouvement de la même manière que la pesanteur modère le mouvement d'un boulet de canon, ou d'une pierre jetée de la main. Nous sommes redevables de cette importante découverte à feu M. Newton. Ce grand philosophe et mathématicien anglais se trouvant un jour couché dans un jardin, sous un pommier, une pomme lui tomba sur la tête, et lui fournit l'occasion de faire plusieurs réflexions. Il conçut bien que c'était la pesanteur qui avait fait tomber la pomme, après qu'elle eut été dégagée de la branche, peut-être par le vent ou quelque autre cause. Cette idée paraissait fort naturelle, et tout paysan aurait peut être fait la même réflexion; mais le philosophe anglais allait plus loin. Il faut, dit-il, que l'arbre ait été fort haut; et c'est ce qui lui fit former la question, si la pomme serait aussi tombée en bas, dans le cas où l'arbre aurait encore été beaucoup plus haut, ce dont il ne pouvait pas douter.

Mais si l'arbre avait été si haut qu'il parvînt jusqu'à la lune, il se trouva embarrassé de décider si la pomme tomberait ou non. En cas qu'elle tombât, ce qui lui paraissait pourtant fort vraisemblable, puisqu'on ne saurait concevoir un terme, dans la hauteur de l'arbre, où la pomme cesserait de tomber; dans ce cas il faudrait que la pomme eût encore quelque pesanteur qui la pousserait vers la terre; donc, parce que la lune se trouverait au même endroit, il faudrait qu'elle fût poussée vers la terre par une force semblable à celle de la pomme.

Cependant, comme la lune ne lui tomba point sur la tête, il comprit que le mouvement en pourrait être la cause, de la même manière qu'une bombe peut passer au-dessus de nous sans tomber verticalement en bas. Cette comparaison du mouvement de la lune avec celui d'une bombe le détermina à examiner plus attentivement la chose, et, aidé des secours de la plus sublime géométrie, il trouva que la lune suivait dans son mouvement les mêmes règles qu'on observe dans le mouvement d'une bombe; de sorte que s'il était possible de jeter une bombe à la hauteur de la lune et avec la même vitesse, la bombe aurait le même mouvement que la lune. Il a seulement remarqué cette différence, que la pesanteur de la bombe à cette distance de la terre serait beaucoup plus petite qu'ici-bas. V. A. verra, par ce récit, que le commencement de ce raisonnement du philosophe était fort simple, et ne différait presque pas de celui d'un paysan; mais la suite s'est élevée infiniment au-dessus de la portée d'un paysan. C'est donc une propriété fort remarquable de la terre, que tous les corps qui se trouvent, non-seulement dans la terre, mais aussi ceux qui en sont fort éloignés, jusqu'à la distance même de la lune, ont une force qui les pousse vers le centre de la terre; et cette force est la pesanteur, qui diminue à mesure que les corps s'éloignent de la surface de la terre. Le philosophe anglais ne s'arrêta pas là : comme il savait que les corps des planètes sont parfaitement semblables à la terre, il conclut qu'aux environs de chaque planète les corps qui s'y trou-

vent sont pesants, et que la direction de cette pesanteur tend vers le centre de la même planète. Cette pesanteur y serait peut-être plus ou moins grande que sur la terre, de manière qu'un corps d'un certain poids chez nous, étant transporté à la surface de quelque planète, y aurait un poids qui serait plus grand ou plus petit. Enfin cette force de gravité de chaque planète s'étend aussi à de grandes distances autour de chacune; et comme nous voyons que la planète de Jupiter a quatre satellites, et celle de Saturne cinq (1), qui se meuvent autour d'eux, comme la lune autour de la terre, on ne saurait douter que le mouvement des satellites de Jupiter ne soit modéré par leur pesanteur vers le centre de Jupiter, et celui des satellites de Saturne par leur pesanteur vers le centre de Saturne. Or, de la même manière que la lune se meut autour de la terre, et les satellites autour de Jupiter ou de Saturne, toutes les planètes elles-mêmes se meuvent autour du soleil; d'où le même Newton a tiré cette fameuse conséquence, que le soleil est doué d'une semblable propriété de pesanteur, et que tous les corps qui se trouvent aux environs du soleil y sont poussés vers le soleil par une force qu'on pourrait dire pesanteur solaire. Cette force s'étend fort loin tout autour du soleil, et bien au delà de toutes les planètes, puisque c'est cette force de pesanteur qui modère leur mouvement. Ce même philosophe, par la force de son esprit, a trouvé le moyen de déter-

(1) On connaît maintenant sept satellites à Saturne.

miner le mouvement des corps, lorsqu'on connaît la force dont ils sont poussés; donc, puisqu'il avait découvert les forces dont toutes les planètes sont poussées, il était en état de donner une juste description de leur mouvement. En effet, avant ce grand philosophe, on se trouvait dans une profonde ignorance sur le mouvement des corps célestes; et ce n'est qu'à lui que nous sommes redevables des grandes lumières dont nous jouissons à présent dans l'astronomie. V. A. sera bien surprise des grands progrès que toutes les sciences ont tirés d'un commencement qui parut d'abord fort simple et fort léger. Si Newton ne s'était pas couché dans un jardin sous un pommier, et que par hasard une pomme ne lui fût pas tombée sur la tête, peut-être nous nous trouverions dans la même ignorance sur le mouvement des corps célestes, et sur une infinité d'autres phénomènes qui en dépendent. Cette matière mérite donc tout à fait l'attention de V. A., et je me flatte de l'entretenir dans la suite sur le même sujet.

LETTRE LIII.

(5 septembre 1760.)

Continuation sur l'attraction mutuelle des corps célestes.

V. A. sent bien que le système de Newton doit avoir fait bien du bruit, et cela avec raison, puis-

que personne encore n'avait fait une si heureuse découverte, et qui répandait tant de lumière à la fois dans toutes les sciences. Il a été connu sous plusieurs noms qu'il est bon de remarquer, puisqu'on en entend parler assez souvent dans les discours. On le nomme *le système de la gravitation universelle*, parce que Newton soutient que, non-seulement la terre, mais en général tous les corps célestes, sont doués de cette propriété, que tous les corps y sont poussés par une force semblable à la pesanteur ou à la gravité, d'où le mot de gravitation a tiré son origine. Cependant, cette force est tout à fait invisible, et nous ne voyons rien qui agisse sur les corps et qui les pousse vers la terre, encore moins vers les corps célestes. Nous remarquons un phénomène presque semblable dans l'aimant, vers lequel le fer et l'acier sont poussés, sans que nous puissions voir la cause qui les y pousse. Quoiqu'on soit à présent assuré que cela se fait par une matière extrêmement subtile qui traverse les pores de l'aimant et du fer, cependant on peut dire que l'aimant attire le fer, et que le fer en est attiré, pourvu que cette manière de parler n'exclue point la véritable cause. De la même manière on pourra donc aussi dire que la terre attire à soi tous les corps qui sont aux environs, même à de fort grandes distances; et on pourra regarder la pesanteur ou la gravité des corps comme l'effet de l'attraction de la terre, qui agit même sur la lune. Outre cela, le soleil et toutes les planètes sont doués d'une semblable vertu d'at-

traction, par laquelle tous les corps y sont attirés. Suivant cette manière de parler, on dit que le soleil attire les planètes, et que Jupiter et Saturne attirent leurs satellites. De là le système de Newton est aussi nommé le *système de l'attraction.* Comme il n'y a aucun doute que les corps qui se trouvent fort près de la lune n'y soient aussi poussés par une force semblable à la pesanteur, on pourra dire que la lune attire aussi les corps voisins; et peut-être cette attraction de la lune s'étend-elle jusqu'à la terre, quoiqu'elle soit sans doute très-faible, tout comme nous avons vu que l'attraction de la terre sur la lune est très-considérablement affaiblie. Or, le même philosophe a mis cela hors de doute, ayant fait voir que le flux et le reflux de la mer, dont j'aurai occasion de parler une autre fois, sont causés par l'attraction que la lune exerce sur les eaux de la mer. Par conséquent on ne saurait plus douter que les planètes de Jupiter et de Saturne ne soient réciproquement attirées par leurs satellites, et que le soleil même ne soit assujetti à l'attraction des planètes, quoique cette force soit extrêmement petite. C'est ce qui a fait naître le système de l'attraction générale, où l'on soutient avec raison que, non-seulement le soleil attire les planètes, mais qu'il est réciproquement attiré par chacune; et que même toutes les planètes exercent leur force attractive les unes sur les autres. Donc la terre n'est pas seulement attirée par le soleil, mais aussi par toutes les autres planètes, quoique la force de ces planètes soit presque insensible en



comparaison de celle du soleil. V. A. comprendra aisément que le mouvement d'une planète qui est attirée non-seulement par le soleil, mais aussi tant soit peu par les autres planètes, doit être un peu différent de celui qu'elle aurait, si elle n'était attirée que par le soleil, et conséquemment que les attractions des autres planètes y doivent causer quelque petit dérangement. Aussi tous ces dérangements se trouvent vérifiés par l'expérience; ce qui a porté ce système de l'attraction universelle au plus haut degré de certitude, de sorte que personne ne saurait plus douter de sa vérité. Je dois encore remarquer que les comètes sont aussi soumises à cette même loi; qu'elles sont principalement attirées par le soleil, dont la force attractive modère leur mouvement, mais qu'elles éprouvent aussi les forces attractives de toutes les planètes, surtout quand elles n'en sont pas très-éloignées; car c'est une règle générale, comme nous verrons dans la suite, que l'attraction de tous les corps célestes diminue dans l'éloignement, et augmente dans le voisinage. Or, les comètes elles-mêmes sont aussi douées d'une attraction, dont les autres corps sont attirés vers elles; et cela d'autant plus sensiblement, que plus ils en approchent. Donc, lorsque quelque comète passe assez près d'une planète, sa force attractive en peut déranger le mouvement, tout de même que le mouvement de la comète est un peu troublé par l'attraction de la planète. Ces conséquences sont vérifiées par les observations, et on peut déjà alléguer quelques exemples qui

prouvent que le mouvement d'une comète a été dérangé par l'attraction des planètes, par le voisinage desquelles elle a passé, et que le mouvement de la terre et des autres planètes a déjà souffert quelque attraction de la part des comètes. Les étoiles fixes, étant des corps semblables au soleil, seront aussi douées d'une force attractive, mais dont nous ne sentons aucun effet, à cause de leur prodigieuse distance.

LETTRE LIV.

(7 septembre 1760.)

Des différents sentiments des philosophes sur la gravitation universelle, et en particulier du sentiment des attractionistes.

C'est donc un fait constaté par les raisons les plus solides, que dans tous les corps célestes il règne une gravitation générale par laquelle ils sont poussés ou attirés les uns vers les autres; et que cette force est d'autant plus grande, que les corps sont plus proches entre eux. Ce fait ne saurait être contesté; mais on dispute s'il faut l'appeler une *impulsion* ou une *attraction*, quoique le seul nom ne change rien dans la chose même. V. A. sait que l'effet est le même, soit qu'on pousse un chariot par derrière, ou qu'on le tire par devant; ainsi l'astronome, uniquement attentif à l'effet de cette force, ne se soucie pas si les corps célestes sont

poussés les uns vers les autres, ou s'ils s'attirent mutuellement, de même que celui qui n'examine que les phénomènes ne se met pas en peine si la terre attire les corps, ou si les corps y sont poussés par quelque cause invisible. Mais si l'on veut pénétrer dans les mystères de la nature, il est très-important de savoir si c'est par impulsion ou par attraction que les corps célestes agissent les uns sur les autres; si c'est quelque matière subtile et invisible qui agit sur les corps et les pousse les uns vers les autres, ou si ces corps sont doués d'une qualité cachée et occulte, par laquelle ils s'attirent mutuellement. Les philosophes sont fort partagés là-dessus; ceux qui sont pour l'impulsion se nomment *impulsionnaires*, et les partisans de l'attraction se nomment *attractionistes*. Feu M. Newton inclinait beaucoup vers le sentiment de l'attraction, et aujourd'hui tous les Anglais sont attractionistes fort zélés. Ils conviennent bien qu'il n'y a ni cordes, ni aucune des machines dont on se sert ordinairement pour tirer, dont la terre puisse se servir pour attirer à soi les corps, et y causer la pesanteur; encore moins découvrent-ils quelque chose entre le soleil et la terre, dont on puisse croire que le soleil se servirait pour attirer la terre. Si l'on voyait un chariot suivre les chevaux, sans qu'ils y fussent attelés, et qu'on n'y vît ni corde, ni autre chose propre à entretenir quelque communication entre le chariot et les chevaux, on ne dirait pas que le chariot fût tiré par les chevaux; on serait plutôt porté à croire que le chariot serait poussé

par quelque force, quoiqu'on n'en vît rien, à moins que ce ne fût le jeu de quelque sorcière. Cependant messieurs les Anglais n'abandonnent pas leur sentiment. Ils soutiennent même que c'est une qualité propre à tous les corps de s'attirer mutuellement; que cette qualité leur est aussi naturelle que l'étendue, et qu'il suffit que le Créateur ait voulu que tous les corps s'attirassent mutuellement; et par là, toute la question est résolue. S'il n'y avait eu que deux corps au monde, quelque éloignés qu'ils fussent l'un de l'autre, il y aurait d'abord eu une tendance de l'un vers l'autre, par laquelle ils se seraient bientôt rapprochés et même réunis. De là il suit que plus un corps est grand, plus est grande aussi l'attraction avec laquelle il attire les corps; car, puisque cette qualité est essentielle à la matière, plus un corps contient de matière, plus il exerce de force pour attirer à soi les autres corps. Donc, puisque le soleil surpasse considérablement en grandeur toutes les planètes, la force attractive dont il est doué est aussi beaucoup plus grande que celle des planètes. Ils remarquent aussi que le corps de Jupiter étant beaucoup plus grand que la terre, la force attractive qu'il exerce sur ses satellites est aussi beaucoup plus grande que celle dont la terre agit sur la lune. Suivant ce sentiment, la pesanteur des corps sur la terre est le résultat de toutes les attractions dont les corps sont attirés à toutes les parties de la terre; et si la terre renfermait plus de matière qu'elle n'en renferme actuellement, son attraction deviendrait



aussi plus grande, et la pesanteur ou le poids des corps serait augmenté. Mais, au contraire, si, par quelque accident, la terre perdait une partie de sa matière, son attraction deviendrait plus petite, et tous les corps moins pesants. On reproche à ces philosophes que, selon leur sentiment, deux corps quelconques, posés par exemple sur une table, se devraient attirer, et conséquemment s'approcher; ils accordent la conséquence, mais ils disent que, dans ce cas, l'attraction serait trop petite pour qu'il en pût résulter un effet sensible (1); car si toute la masse de la terre, par sa force attractive, ne produit dans chaque corps que sa pesanteur ou son poids, un corps qui est plusieurs millions de fois plus petit que toute la terre produira aussi un effet autant de fois plus petit. Or, on conviendra aisément que si le poids d'un corps devenait plusieurs millions de fois plus petit, l'effet en devrait être réduit à rien. D'où il suit qu'à moins que les corps, ou au moins l'un d'eux, ne soient excessivement grands, l'attraction ne saurait être sensible. Ainsi, de ce côté, on ne gagne rien contre les attractionistes; ils allèguent même en leur faveur une expérience faite en Amérique par les académiciens de Paris, où l'on a observé, tout près d'une très-haute et grande montagne, l'effet d'une petite attraction, dont le corps de la montagne a attiré

(1) Cet effet, quoique très-petit, a été rendu sensible dans la fameuse expérience de Cavendish, postérieure à la publication des Lettres d'Euler.

les corps voisins. Ainsi, en embrassant le système des attractionistes, on n'a pas à craindre qu'il nous conduise à de fausses conséquences; on peut plutôt être assuré d'avance de leur vérité.

LETTRE LV.

(9 septembre 1760.)

Sur la force avec laquelle tous les corps célestes s'attirent mutuellement.

V. A. connaît la propriété qu'a l'aimant d'attirer à soi le fer, puisque nous voyons que de petits morceaux de fer ou d'acier, comme des aiguilles, étant placés dans le voisinage d'un aimant, y sont entraînés avec une force d'autant plus grande, qu'ils sont plus proches. Comme on ne voit rien qui les pousse vers l'aimant, on dit que l'aimant les attire, et l'action même se nomme *attraction*. On ne saurait douter cependant qu'il n'y ait quelque matière très-subtile, quoique invisible, qui produise cet effet, en poussant effectivement le fer vers l'aimant; mais, comme le langage se règle sur les apparences, l'usage a prévalu de dire que l'aimant attire le fer, et qu'il s'y fait une attraction. Quoique ce phénomène soit particulier à l'aimant et au fer, il est très-propre à éclaircir le terme d'attraction, dont les philosophes modernes se servent si fréquemment. Ils disent donc qu'une propriété semblable à celle de l'aimant convient à tous les corps en général,

et que tous les corps au monde s'attirent mutuellement; mais que cet effet ne devient sensible que lorsque les corps sont extrêmement grands, et devient absolument insensible dans les petits. Quelque grande, par exemple, que soit une pierre, elle n'exerce aucune attraction sur d'autres corps qu'on lui présente, parce que sa force est trop petite pour rendre l'attraction sensible; mais si l'on augmentait la pierre jusqu'à la faire devenir plusieurs milliers de fois plus grande, l'attraction en deviendrait enfin aussi sensible. J'ai déjà fait remarquer à V. A. qu'on prétend effectivement avoir observé qu'une grande montagne en Amérique avait produit une petite attraction. Une plus grande montagne produirait donc une attraction encore plus sensible; et un corps encore beaucoup plus grand, comme, par exemple, la terre tout entière, attirerait avec une force d'autant plus grande. Or, cette force, dont la terre tout entière attirerait à soi tous les corps, est précisément la gravité, par laquelle nous voyons que tous les corps sont effectivement portés vers la terre. Donc, suivant ce système, la gravité ou pesanteur, qui fait tomber en bas tous les corps, n'est autre chose que l'effet de la terre tout entière, par laquelle elle attire à soi tous les corps. Si le corps de la terre était plus grand ou plus petit, la gravité ou la pesanteur des corps serait aussi plus grande ou plus petite. D'où l'on comprend que tous les autres grands corps de l'univers, comme le soleil, les planètes et la lune, sont doués d'une force attractive semblable, mais plus ou

moins grande, suivant qu'ils sont eux-mêmes plus ou moins grands. Comme le soleil est plusieurs milliers de fois plus grand que la terre, sa force attractive surpasse autant de fois celle de la terre. On estime que le corps de la lune est environ 40 fois plus petit que celui de la terre (1), d'où résulte que sa force attractive en est d'autant de fois plus petite; et il en est de même de tous les corps célestes.

LETTRE LVI.

(11 septembre 1760.)

Sur le même sujet.

En vertu du système de l'attraction ou de la gravitation universelle, chaque corps céleste attire tous les autres, et en est réciproquement attiré. Or, pour juger de la force avec laquelle ces corps attirent les autres, nous n'avons qu'à considérer deux corps qui s'attirent mutuellement. Il faut pour lors avoir égard à trois choses, premièrement au corps attirant, en second lieu au corps attiré, et troisièmement à leur distance; attendu que la force d'attraction dépend de tous ces trois points.

Soit A (*fig.* 33) le corps attirant, et B le corps attiré; l'un et l'autre étant sphériques, les corps

(1) Le volume de la lune est environ $\frac{1}{49}$ du volume de la terre, et sa masse environ $\frac{1}{75}$ de celle de la terre.

célestes ayant à peu près cette figure. Leur distance alors est estimée par celle de leurs centres A et B, c'est-à-dire par la ligne droite AB. Maintenant, pour le premier point qui regarde la quantité du corps attirant A, il faut remarquer que plus ce corps est grand, plus aussi sa force sera grande pour attirer le corps B. Ainsi, si le corps attirant était deux fois plus grand, le corps B y serait attiré par une force double; s'il était trois fois plus grand, celui-ci y serait attiré par une force triple, et ainsi de suite, supposé que la distance de leurs centres fût toujours la même. Donc, si la terre renfermait plus ou moins de matière qu'elle n'en contient actuellement, tous les corps y seraient attirés avec d'autant plus ou moins de force, ou bien leur poids serait d'autant plus ou moins grand. Et comme toute la terre est attirée par le soleil; si le soleil était plus ou moins grand, la terre y serait attirée avec d'autant plus ou moins de force. Quant au corps attiré B, le corps attirant A et la distance AB demeurant les mêmes, il est à remarquer que, plus le corps B est grand ou petit, plus aussi la force par laquelle il est attiré vers le corps A sera grande ou petite. Ainsi, si le corps B est deux fois plus grand, il sera attiré au corps A avec une force double; s'il est trois fois plus grand, il le sera avec une force triple, et ainsi de suite. Pour mieux éclaircir la chose, nous n'avons qu'à mettre la terre au lieu du corps attirant A, et la force dont le corps B est attiré n'est autre chose que le poids du corps B: or, nous savons que plus ce corps B est grand ou

petit, plus aussi son poids est grand ou petit ; d'où nous voyons que tant que le corps attirant A et la distance AB demeurent les mêmes, la force dont le corps B est attiré suit précisément la grandeur de ce corps. Pour exprimer cette circonstance, on se sert, dans les mathématiques, du terme de *proportionnel*, et l'on dit que la force dont le corps B est attiré au corps A est proportionnelle à la masse du corps ; ce qui signifie que si la masse du corps B était deux, ou trois, ou quatre fois plus grande, la force serait précisément autant de fois plus grande. Ainsi, sur le premier point, où l'on regarde le corps attirant A, on dit de la même manière que la force dont le corps B est attiré au corps A est aussi proportionnelle à la masse du corps A pendant que le corps B avec la distance AB demeurent les mêmes. Je dois encore observer que quand on parle ici de la quantité du corps attirant A ou du corps attiré B, on entend la quantité de matière que l'un ou l'autre renferme, et non leur seule étendue. V. A. se souviendra bien que les corps diffèrent très-considérablement à cet égard, et qu'il y en a qui, sous une petite étendue, renferment beaucoup de matière, comme l'or, par exemple, pendant que d'autres, comme l'air, renferment, sous une grande étendue, fort peu de matière. Quand il s'agit donc ici des corps, il faut toujours en juger par la quantité de leur matière, qu'on nomme aussi leur *masse*. Il ne me reste plus que d'examiner le troisième point, c'est-à-dire la distance AB des deux corps, en supposant qu'ils demeurent les mêmes. Il faut

observer, sur cela, qu'en augmentant la distance AB, l'attraction diminue, et qu'en diminuant cette distance l'attraction augmente, mais selon une règle qu'il n'est pas facile d'exprimer. Lorsque la distance devient deux fois plus grande, la force dont le corps B est attiré vers le corps A sera 2 fois 2 ou bien 4 fois plus petite; et pour une distance triple, la force d'attraction devient 3 fois 3, c'est-à-dire 9 fois plus petite. Si la distance devient 4 fois plus grande, la force d'attraction devient 4 fois 4, c'est-à-dire 16 fois plus petite, et ainsi de suite. De sorte que, pour une distance 100 fois plus grande, la force d'attraction sera 100 fois 100, ou bien 10 000 fois plus petite. D'où l'on voit que, pour de très-grandes distances, la force d'attraction doit devenir enfin tout à fait insensible. Or, réciproquement, lorsque la distance AB est très-petite, la force d'attraction peut être très-considérable, quoique les corps soient très-petits.

LETTRE LVII.

(13 septembre 1760.)

Sur le même sujet.

Lorsqu'un corps B est attiré par un autre corps A, je viens de faire voir que la force d'attraction est premièrement proportionnelle à la masse du corps attirant A, et à celle du corps attiré B; mais

la force de cette attraction dépend tellement de la distance de ces corps, que si la distance devenait deux fois, ou trois fois, ou quatre fois, ou cinq fois plus grande, la force d'attraction deviendrait quatre fois, ou neuf fois, ou seize fois, ou vingt-cinq fois plus petite. Pour établir sur cela quelque règle, il faut multiplier par lui-même le nombre qui marque combien de fois la distance est augmentée, et le produit montrera combien de fois l'attraction devient plus petite. Pour mettre cette règle dans tout son jour, il faut observer que lorsqu'on multiplie un nombre par lui-même, on nomme le produit qui en résulte son *carré;* ainsi, pour trouver ces carrés, il faut multiplier les nombres par eux-mêmes en cette sorte :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
mult. par	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
carré	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

	11		12
mult. par	11	mult. par	12
	11		24
	11		12
carré	121		144

Par ce dernier exemple, il est clair que le carré du nombre 12 est 144; et si l'on veut savoir le carré d'un autre nombre quelconque, par exemple de 258, il faut multiplier ce nombre par lui-même; et on fera l'opération suivante :



```
  258
  258
 ----
 2064
1290
516
-----
66564
```

d'où l'on voit que le carré de ce nombre 258 est 66 564. De la même manière on opérera pour tous les autres nombres.

Donc, puisqu'il faut multiplier la distance des corps par elle-même, il est clair que la force d'attraction diminue autant de fois que le carré de la distance augmente, ou bien que le carré de la distance devient autant de fois plus grand que la force d'attraction devient plus petite. En traitant ces sortes de sujets, les mathématiciens, pour se faire entendre, emploient certains termes qu'il est bon d'expliquer, parce qu'on s'en sert aussi quelquefois dans les conversations. Si la force de l'attraction augmentait en raison du carré de la distance, on dirait qu'elle serait proportionnelle au carré de la distance; mais puisqu'il arrive précisément le contraire, en sorte que la force d'attraction diminue pendant que le carré de la distance augmente, on emploie le mot *réciproquement* pour marquer cette contrariété, en disant que la force est réciproquement proportionnelle au carré de la distance. C'est une manière géométrique de parler, dont V. A. comprendra parfaitement le sens, qui est le même que je viens d'exposer ci-dessus. Donc, pour juger de la

force dont un corps est attiré vers un autre, on n'a qu'à remarquer que cette force est premièrement proportionnelle à la masse du corps attirant, ensuite à celle du corps attiré, et enfin réciproquement au carré de leur distance. De là il est d'abord clair que, quoique la terre et les planètes soient aussi attirées vers les étoiles fixes, cette force doit absolument être insensible, à cause de leur prodigieuse distance. En effet, en supposant la masse d'une étoile fixe égale à celle du soleil, à distances égales, la terre y serait attirée avec autant de force que vers le soleil; mais puisque la distance de l'étoile fixe est 400 000 fois plus grande que celle du soleil, le carré de ce nombre étant de 160 000 000 000, ou cent soixante mille millions, la force dont la terre est attirée à cette étoile fixe sera cent soixante mille millions de fois plus petite que celle dont la terre est attirée par le soleil, ce qui serait une attraction trop petite pour produire le moindre effet sensible. Par cette raison, la force attractive des étoiles fixes ne change rien dans le mouvement de la terre, des planètes et de la lune; mais c'est la force attractive du soleil qui règle principalement le mouvement de la terre et des planètes, puisque la masse du soleil surpasse plusieurs milliers de fois la masse de chaque planète. Cependant, quand deux planètes s'approchent, en sorte que leur distance devient plus petite que celle du soleil, leur force attractive en est augmentée, et pourrait devenir assez sensible pour troubler leur mouvement. Or, on s'aperçoit en effet de ce dérangement; ce qui

fait une preuve très-forte en faveur du système d'attraction ou de gravitation universelle; ainsi, quand une comète approche beaucoup d'une planète, elle peut bien en altérer le mouvement (1).

LETTRE LVIII.

(15 septembre 1760.)

Sur le mouvement des corps célestes, et sur la méthode de les déterminer par les lois de la gravitation universelle.

De ce que je viens de dire sur la force avec laquelle tous les corps célestes sont attirés vers les autres en raison de leur grandeur ou masse et de leur distance, V. A. comprendra facilement comment on peut déterminer leur mouvement, pour assigner en tout temps le vrai lieu où chaque corps se trouvera. C'est en quoi consiste la science de l'astronomie, qui dépend d'une exacte connaissance du mouvement de tous les corps célestes, afin d'être en état de déterminer pour chaque moment, tant passé qu'à venir, l'endroit où chaque corps céleste doit se trouver, et en quel lieu du

(1) Les comètes ont des masses si faibles, malgré l'énormité de leurs dimensions, qu'elles ne font éprouver aux planètes aucun dérangement appréciable; mais elles sont très-sensiblement dérangées dans leurs orbites par l'action des planètes. La comète de Lexell a traversé le système des satellites de Jupiter, sans y causer de perturbation observable, tandis que les éléments de son orbite en ont été complétement changés.

ciel il doit paraître, étant vu de la terre ou d'un autre lieu quelconque du monde. Or, la science qui traite du mouvement en général est nommée *mécanique* ou *dynamique*. Son objet est de déterminer le mouvement des corps quelconques, lorsqu'ils sont poussés par telles forces que ce soit. Cette science est une des principales parties des mathématiques, et ceux qui s'y appliquent font tous leurs efforts pour porter la mécanique à son plus haut degré de perfection. Leurs recherches sont cependant si profondes, qu'on ne peut pas se vanter encore d'avoir réussi, et qu'il faut se contenter d'y avancer peu à peu. Ce n'est que depuis dix ou vingt ans qu'on y fait des progrès assez considérables, et c'est principalement sur de pareils sujets que l'Académie des sciences de Paris propose tous les ans des questions auxquelles sont attachés des prix assez considérables pour ceux qui réussissent le mieux. La plus grande difficulté consiste dans la pluralité des forces dont chaque corps céleste est poussé ou attiré vers tous les autres. Si chaque corps n'était attiré que vers un seul autre corps, la chose n'aurait aucune difficulté, et le grand mathématicien anglais, feu M. Newton, qui est mort en 1728, avait le premier heureusement déterminé le mouvement de deux corps qui s'attirent mutuellement, selon la loi dont j'ai eu l'honneur de parler à V. A. Suivant cette loi, si la terre n'était attirée que vers le soleil seul, on connaîtrait parfaitement bien le mouvement de la terre, et il n'y aurait plus aucune autre recherche à faire. Il

en serait de même des autres planètes, de Saturne, de Jupiter, de Mars, de Vénus, de Mercure, si ces corps n'étaient attirés que par le soleil. Mais la terre étant attirée, non-seulement par le soleil, mais aussi par tous les autres corps célestes, la question devient infiniment plus compliquée et plus embarrassée, à cause de la pluralité des forces dont elle est agitée. Heureusement cependant il arrive qu'on peut négliger les forces dont elle est attirée vers les étoiles fixes, puisque les étoiles fixes, quelque grandes que soient leurs masses, sont si prodigieusement éloignées, qu'à cet égard les forces qu'elles exercent sur la terre sont si petites, qu'on peut les négliger. Le mouvement de la terre et des autres planètes sera donc toujours aussi parfaitement le même que si les étoiles fixes n'existaient point. Outre la force du soleil, on n'a donc qu'à considérer les forces avec lesquelles les planètes s'attirent réciproquement. Or, ces forces sont de même extrêmement petites, en les comparant avec celles dont chaque planète est attirée vers le soleil; la raison en est que la masse du soleil surpasse tant de fois la masse de chaque planète, qu'à cet égard il n'en résulte qu'une force très-petite, en comparaison de celle du soleil. Cependant, puisque ces forces augmentent lorsque les distances deviennent plus petites, de sorte qu'à une distance deux fois plus petite répond une force 4 fois plus grande, qu'à une distance 3 fois plus petite répond une force 9 fois plus grande, et ainsi de suite selon les carrés des nombres, comme je l'ai

expliqué dans ma lettre précédente, il serait bien possible que deux planètes s'approchassent si près, que leur force attractive deviendrait égale à celle du soleil, et la surpasserait même beaucoup. Ce cas n'arrive heureusement pas dans ce monde, et les planètes demeurent toujours si éloignées les unes des autres, que leur force attractive est toujours incomparablement plus petite que celle dont elles sont attirées vers le soleil. C'est pourquoi, sans porter nos vues au delà de ces connaissances, on peut envisager chaque planète comme n'étant attirée que par la seule force du soleil, et de là il est aisé de déterminer son mouvement. Cela ne peut cependant avoir lieu que lorsqu'on se contente d'une connaissance superficielle du mouvement des planètes; car dès qu'on voudrait être plus exactement instruit, il faudrait avoir égard à ces petites forces dont les planètes agissent les unes sur les autres, d'où résultent effectivement de petites irrégularités, et des aberrations dont les astronomes ne s'aperçoivent que trop dans leurs observations; et c'est pour bien connaître toutes ces irrégularités dans le mouvement des planètes, qu'eux-mêmes, ainsi que les mécaniciens, réunissent toutes leurs forces et leur adresse.

LETTRE LIX.

(17 septembre 1760.)

Sur le système du monde.

Pour mieux éclaircir ce que je viens d'exposer sur le mouvement des corps célestes et sur les forces qui en sont la cause, il sera bon de présenter à V. A. (*fig.* 34) le système du monde, ou une description des corps célestes qui le composent. D'abord il faut observer que les étoiles fixes sont des corps entièrement semblables au soleil, et luisant d'eux-mêmes, éloignés tant du soleil qu'entre eux par des distances prodigieuses, et dont chacun peut être de la même grandeur que le soleil. J'ai déjà eu l'honneur de dire à V. A. que celle des étoiles fixes qui est la plus proche de nous, est 400 000 fois plus éloignée de nous que le soleil. Chaque étoile fixe semble être destinée pour échauffer et éclairer un certain nombre de corps opaques, semblables à notre terre et habités aussi sans doute, lesquels se trouvent dans son voisinage, mais que nous ne voyons point à cause de leur prodigieux éloignement. Quoiqu'on ne puisse en être assuré par des observations, on l'infère néanmoins de leur ressemblance avec le soleil qui sert à échauffer et éclairer notre terre, et même encore quelques autres corps semblables à notre terre, qu'on nomme

planètes. On connaît particulièrement six (1) de ces corps qui sont échauffés et éclairés par le soleil. Ces corps ne sont pas en repos, mais chacun d'eux se meut autour du soleil par une route qui diffère peu d'un cercle, et cette route se nomme l'*orbite* de chaque planète. Le soleil lui-même est à peu près en repos, ainsi que toutes les étoiles fixes, le mouvement que nous leur voyons n'étant qu'apparent, et causé par le mouvement de la terre. J'ai donc représenté (*fig.* 34) ce qu'on nomme le système solaire, qui renferme tous les corps opaques qui se meuvent autour du soleil, et qui jouissent des mêmes avantages qu'il nous procure. La grande tache que j'ai mise vers le milieu du papier avec le signe ☉, représente le soleil en repos. Autour de lui sont six cercles qui marquent les orbites ou les routes par lesquelles les planètes se meuvent autour du soleil. La planète la plus voisine du soleil est Mercure, marqué par le signe ☿, et la petite tache qui s'y trouve représente le corps de Mercure, qui achève son tour par son orbite autour du soleil en 88 jours environ. Vient ensuite Vénus, marquée par ♀, qui achève ses révolutions autour du soleil en 7 mois environ. Le troisième cercle est notre terre, qui porte le signe ♁, et qui achève ses révolutions autour du soleil dans un an, une année n'étant autre chose que le temps que la terre emploie à parcourir son cercle autour du soleil. Mais pendant que la terre se meut au-

(1) *Voyez* la note, page 4.

tour du soleil, il y a un autre corps qui se meut lui-même autour de la terre, en la suivant dans son orbite, et c'est la lune ☾, dont le cercle ou orbite est représenté dans la figure. Les deux premières planètes ☿ et ♀ n'ont point visiblement de corps qui les accompagnent, non plus que Mars ♂, qui est la quatrième, et qui parcourt son orbite autour du soleil en 2 ans environ. Le cinquième cercle est celui de Jupiter ♃, qui fait sa révolution en douze ans environ. Autour de lui se meuvent quatre satellites représentés dans la figure, avec leurs orbites, par les nombres 1, 2, 3, 4. Enfin le sixième et dernier cercle est l'orbite de Saturne ♄, qui emploie presque trente ans pour faire sa révolution autour du soleil. Cette planète est accompagnée dans son cours de cinq satellites marqués par les nombres 1, 2, 3, 4, 5 (1). C'est ainsi que le système du soleil renferme six planètes principales, Mercure ☿, Vénus ♀, la Terre ♁, Mars ♂, Jupiter ♃, Saturne ♄, et outre cela 10 satellites, savoir, la lune, quatre satellites de Jupiter et cinq de Saturne. Ce système contient encore plusieurs comètes, dont le nombre est inconnu. La figure en représente une, dont l'orbite diffère de celle des planètes, parce qu'elle est extrêmement allongée, de sorte qu'une comète s'approche tantôt beaucoup du soleil jusqu'à nous, et tantôt s'en éloigne jusqu'à nous devenir tout à fait invisible. Parmi les comètes on en a remarqué une qui achève ses révolutions dans

(1) *Voyez* la note, page 211.

son orbite en 75 ans environ, et c'est celle qu'on a vue l'année dernière. Pour les autres comètes, il est certain qu'elles mettent plusieurs siècles à parcourir leurs orbites; et comme dans les siècles passés on ne les a pas exactement observées, on ne sait rien de leur retour. Voilà donc en quoi consiste le système du soleil, et il est très-probable que chaque étoile fixe en ait une semblable.

LETTRE LX.

(19 septembre 1760.)

Sur le même sujet.

Outre ce que j'ai dit à V. A. sur le système solaire, je dois lui communiquer encore quelques observations pour en expliquer les figures. Il faut remarquer, d'abord, que les lignes qui marquent les routes que parcourent les planètes en vertu de leur mouvement n'ont aucune réalité dans les cieux, puisque tout l'espace du ciel par lequel les corps célestes se meuvent est vide, ou plutôt rempli de cette matière subtile qu'on nomme l'éther, dont j'ai eu l'honneur de parler fort amplement à V. A. Ensuite les orbites des planètes n'existent pas toutes dans un même plan, comme la figure les présente; mais si l'orbite de la terre avec le soleil est bien représentée sur le papier, il faut s'imaginer que les orbites des autres cinq planètes sont en partie élevées sur le papier et en partie déprimées au-dessous, ou bien que l'orbite de chaque planète y est cou-

chée obliquement, faisant avec le papier une intersection sous un certain angle, qu'il est impossible de représenter dans une figure dessinée sur le papier.

Outre cela, les orbites des planètes ne sont pas des cercles, comme la figure paraît l'indiquer, mais elles sont plutôt d'une figure un peu ovale, l'une plus et l'autre moins; cependant aucune ne diffère pas considérablement d'un cercle. L'orbite de Vénus est presque un cercle parfait, mais celle des autres planètes est plus ou moins ovale, de sorte que ces planètes sont tantôt plus près du soleil et tantôt plus éloignées. Les orbites des comètes se distinguent parce qu'elles sont extrêmement ovales ou allongées, comme je l'ai marqué dans la figure. Quant à la lune et aux satellites de Saturne et de Jupiter, leurs orbites sont aussi presque circulaires. Il ne faut pas non plus les concevoir comme étant couchées ainsi qu'elles le sont sur le plan du papier; car elles ne demeurent pas au même endroit, mais elles sont elles-mêmes emportées autour du soleil avec la planète principale à laquelle elles appartiennent. C'est ainsi qu'il faut entendre les lignes représentées dans la figure. L'imagination doit suppléer à ce qu'il est impossible de bien représenter sur le papier. De là V. A. comprendra aisément ce que feu M. de Fontenelle a voulu dire dans son livre sur la pluralité des mondes. On nomme quelquefois *monde* la terre tout entière avec tous les habitants; et à cet égard chaque planète, et même chacun des satellites, mérite ce nom avec autant de droit, puisqu'il est plus que vraisemblable que

chacun de ces corps a des habitants, aussi bien que la terre. Il y aurait donc seize mondes dans le seul système du soleil. Ensuite, chaque étoile fixe étant un soleil autour duquel un certain nombre de planètes achèvent leur révolution, et dont quelques-unes ont sans doute aussi leurs satellites, nous avons presque une infinité de mondes semblables à notre terre, attendu que le nombre des étoiles, vues de nos yeux simples, surpasse quelques milliers, et que les lunettes nous en découvrent encore un nombre incomparablement plus grand. Veut-on comprendre sous le nom de monde le soleil avec les planètes et les satellites qui leur appartiennent, et qui en reçoivent leur chaleur et leur lumière, on aura autant de mondes qu'il y a d'étoiles fixes. Mais si sous le nom de monde on entend la terre avec tous les corps célestes, ou bien tous les êtres créés à la fois, il faut faire attention qu'il ne saurait y avoir qu'un seul monde auquel on rapporte tout ce qui existe. C'est dans ce sens qu'on prend le terme de monde dans la philosophie, et en particulier dans la métaphysique, où c'est un dogme ou une vérité fondamentale, qu'il n'y a qu'un seul monde, qui est l'assemblage de tous les êtres créés, tant passés que présents et futurs. Si M. de Fontenelle avait voulu soutenir dans ce sens la pluralité des mondes, il aurait été certainement dans l'erreur.

Cependant, quand les philosophes disputent entre eux si notre monde est le meilleur ou non, ils supposent sans doute une pluralité de mondes, et

plusieurs soutiennent que celui qui existe actuellement est le meilleur entre tous les autres qui auraient pu également exister. Ils se représentent Dieu comme un architecte qui, ayant voulu créer ce monde, s'est proposé plusieurs plans, tout différents entre eux, parmi lesquels il a choisi le meilleur, ou celui dans lequel toutes les perfections étaient réunies au plus haut degré, et qu'il a créé celui-ci préférablement à tous les autres. Ce sentiment paraît être confirmé par l'histoire de la création, où il est dit expressément que tout était parfaitement bien. Mais le grand nombre des maux qui se trouvent dans ce monde, et qui tirent leur origine de la méchanceté des hommes, cause ici un doute fort important, savoir, s'il n'aurait pas été possible de créer un monde tout à fait délivré de tels maux. A mon avis, il faut bien distinguer entre des plans d'un monde qui ne contient que des êtres corporels, et d'un monde qui contient aussi des êtres intelligents et libres. Dans le premier cas, un choix du meilleur n'aurait aucune difficulté; mais dans l'autre cas, où les êtres intelligents et libres font la principale partie du monde, le jugement du meilleur surpasse infiniment notre portée, et la méchanceté même des êtres libres peut contribuer à la perfection du monde d'une manière inconcevable.

Or, il semble que les philosophes n'ont pas assez fait d'attention à cette distinction si essentielle; mais je sens trop mon incapacité pour vouloir entrer dans une question si importante.

LETTRE LXI.

(23 septembre 1760.)

Sur les petites irrégularités qu'on observe dans les mouvements des planètes, et qui sont causées par leur attraction mutuelle.

Pour déterminer le mouvement des corps qui composent le système solaire, il faut distinguer les planètes principales, qui sont Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne, de leurs satellites; c'est-à-dire, de la lune, des quatre satellites de Jupiter et des cinq de Saturne. J'ai déjà eu l'honneur de faire remarquer à V. A. que ces six planètes sont principalement attirées vers le soleil, ou que la force avec laquelle elles sont poussées vers le soleil est incomparablement plus grande que les forces dont elles s'attirent mutuellement. La raison en est la prodigieuse masse du soleil, et que les planètes ne s'approchent jamais tant entre elles, que leur force mutuelle puisse devenir considérable en comparaison de la force du soleil. Si les planètes étaient uniquement attirées vers le soleil, leur mouvement serait assez régulier, et fort aisé à déterminer.

Mais les petites forces dont les planètes agissent les unes sur les autres y causent quelques petites irrégularités, que les astronomes s'occupent à découvrir par les observations, comme les mécani-

ciens s'occupent à leur tour pour les déterminer par les principes du mouvement. Il s'agit ici toujours de cette grande question : Les forces qui agissent sur un corps étant connues, quel sera le mouvement de ce corps? Or, par les principes exposés ci-dessus, on connait les forces à l'action desquelles chaque planète est assujettie. Ainsi le mouvement de la terre est un peu dérangé, 1° par l'attraction de Vénus, qui s'approche quelquefois beaucoup de la terre, et 2° par l'attraction de Jupiter, qui, à cause de sa grandeur, devient considérable, quoiqu'elle soit toujours fort éloignée. La masse de Mars est trop petite pour y produire un effet sensible, nonobstant la proximité où il se trouve quelquefois; et Saturne, quoique sa masse soit la plus grande après celle de Jupiter, est trop éloigné. Or, la lune, quoique très-petite, cause quelque dérangement, à cause de sa proximité. La comète de l'année dernière a été sept fois plus proche de nous que le soleil lorsque sa distance était la plus petite; il est donc assez vraisemblable que cette comète peut avoir dérangé le mouvement de la terre, surtout si sa masse était considérable, ce que nous ne savons pas (1). Si cette comète était aussi grande que la terre, l'effet devait être très-considérable; mais sa petitesse apparente me fait croire que son corps est beaucoup plus petit que celui de la terre, et par conséquent son effet doit avoir été d'autant de fois plus petit. Cependant lorsque nous

(1) *Voyez* la note, page 229.

vîmes cette comète, elle était déjà fort éloignée de nous; dans le temps où elle en était le plus près, elle nous était invisible, et nos Antipodes l'auraient vue assez brillante. Ce que je viens de dire sur les dérangements causés dans le mouvement de la terre a lieu aussi dans les autres planètes, eu égard à leur masse et à leur proximité. Pour la lune et les autres satellites, le principe de leur mouvement est un peu différent. La lune est si proche de la terre, que l'attraction de la terre sur la lune surpasse beaucoup celle du soleil, quoique la masse du soleil soit plusieurs milliers de fois plus grande que celle de la terre. De là vient que le mouvement de la lune suit celui de la terre, et qu'elle lui demeure comme attachée, ce qui fait regarder la lune comme un satellite de la terre. Si la lune avait été placée beaucoup plus loin de nous, de sorte que l'attraction vers la terre fût moindre que celle vers le soleil, la lune serait devenue une planète principale, et aurait fait ses révolutions autour du soleil; mais à présent la lune est 300 fois plus proche de la terre que du soleil, d'où il est aisé de comprendre que l'attraction de la terre peut surpasser celle du soleil. Ainsi la lune étant principalement attirée par deux forces, celle de la terre et celle du soleil, il est évident que la détermination de son mouvement doit être beaucoup plus difficile que celui des planètes principales, qui n'éprouvent qu'une seule force, savoir, celle du soleil, en faisant abstraction des petits dérangements dont je viens de parler. Aussi de tout temps le mouvement

de la lune a terriblement embarrassé les astronomes, et ils n'ont jamais pu parvenir à prédire, pour un temps donné, le lieu de la lune au ciel, sans se tromper considérablement. V. A. comprend aisément que, pour prédire une éclipse tant de lune que du soleil, il faut être en état d'assigner exactement le lieu de la lune. Or, dans les siècles passés, quand on a voulu calculer quelque éclipse, on s'est souvent trompé d'une heure ou davantage, l'éclipse étant arrivée une heure ou davantage plus tôt ou plus tard qu'on n'avait trouvé par le calcul. Quelques peines que les anciens astronomes se soient données pour pénétrer le mouvement de la lune, ils sont toujours restés fort éloignés du vrai; ce n'est que depuis que le grand Newton a découvert les véritables forces qui agissent sur la lune, qu'on s'est approché de plus en plus de la vérité, après avoir vaincu les obstacles qu'on a rencontrés dans cette recherche. J'y avais aussi employé bien du temps; et M. Meyer, de Göttingue, poursuivant la route que j'avais frayée, est enfin parvenu à un point de précision qu'on ne saurait presque pousser plus loin. Ce n'est donc que depuis environ dix ans qu'on peut se vanter d'avoir assez de connaissances sur le mouvement de la lune. C'est depuis ce temps-là qu'on est en état de calculer les éclipses si exactement, qu'on ne se trompe pas d'une minute dans le temps; au lieu qu'avant on s'était souvent trompé de 8 minutes et au delà. C'est donc à la mécanique qu'on est redevable de cette importante découverte, qui procure les plus grands avantages, non-seule-

ment à l'astronomie, mais aussi à la géographie et à la navigation.

LETTRE LXII.

(26 septembre 1760.)

Des marées.

La force attractive des corps célestes s'étend non-seulement au corps entier de la terre, mais aussi à toutes les parties dont elle est composée. Ainsi tous les corps que nous voyons sur la surface de la terre sont non-seulement attirés à la terre même, d'où résulte leur pesanteur et le poids de chacune en particulier; mais ils sont aussi attirés vers le soleil et vers tous les autres corps célestes, et cela plus ou moins, selon la grandeur de ces corps et leur distance. Or, il est d'abord évident que la force dont un corps, une pierre, par exemple, est attiré vers la terre, doit être incomparablement plus grande que les forces dont ce même corps est attiré vers le soleil, les autres planètes et la lune, à cause de leur grande distance. Un tel corps étant éloigné du centre de la terre par la distance du rayon de la terre, est 60 fois plus éloigné de la lune : donc, si la lune était aussi grande que la terre, l'attraction vers la lune serait 60 fois 60, ou 3600 fois plus petite que l'attraction vers la terre, ou la pesanteur du corps; or, le corps de la

lune est environ 70 fois plus petit que le corps de la terre, d'où la force attractive de la lune devient encore 70 fois 3600, ou en tout 252000 fois plus petite que sa pesanteur. Ensuite, quoique le soleil soit plusieurs milliers de fois plus grand que la terre, il est environ 24000 fois plus éloigné de nous que le centre de la terre, et c'est pourquoi l'attraction du soleil sur une pierre est extrêmement petite, par rapport à sa pesanteur. V. A. voit donc par là que la pesanteur des corps terrestres, qui n'est autre chose que la force dont ils sont attirés vers la terre, ne saurait être sensiblement altérée par l'attraction des corps célestes. Cependant, quelque petite que soit cette attraction, il en résulte un phénomène très-remarquable qui a toujours extrêmement tourmenté les philosophes : c'est le *flux* et le *reflux* de la mer. On en parle si souvent dans les discours ordinaires, qu'il est devenu presque nécessaire d'en avoir connaissance; et c'est par cette raison que je me propose de présenter à V. A. tant une description détaillée de ce phénomène singulier, qu'une explication des causes qui le produisent. Je commence donc par la description du phénomène qui est connu sous le nom de flux et reflux de la mer. On sait que la plus grande partie de la surface de la terre est couverte d'eau, ce qu'on nomme la mer ou l'océan. Ce grand assemblage des eaux est bien différent des rivières et des lacs, qui, suivant les différentes saisons de l'année, contiennent tantôt plus, tantôt moins d'eau, pendant que dans la mer la quantité d'eau demeure à

peu près toujours la même. Cependant on observe que l'eau de la mer hausse et baisse alternativement deux fois chaque jour, assez régulièrement. Par exemple, si dans un port l'eau se trouve à présent à la plus grande hauteur, elle commencera bientôt à baisser, et cette diminution continue pendant 6 heures, où la hauteur devient la plus petite. Elle recommence ensuite à hausser, et cette augmentation dure aussi 6 heures, auquel temps l'eau atteint la plus grande hauteur. De là elle baisse de nouveau pendant 6 heures, et remonte autant de temps ; de sorte que, dans l'intervalle de 24 heures environ, l'eau monte et baisse deux fois, et parvient alternativement à la plus grande et à la plus petite hauteur. C'est cette alternative d'augmentation et de diminution de l'eau de la mer, qu'on nomme le flux et le reflux de la mer : et en particulier le flux marque le temps où l'eau monte ou hausse, et le reflux celui où l'eau baisse ou diminue. Le flux et le reflux ensemble se nomment aussi la *marée*. C'est donc sur cette alternative élévation et abaissement de l'eau de la mer que j'aurai l'honneur d'entretenir V. A. On remarque d'abord que la différence entre l'élévation et l'abaissement varie selon la lune. Dans les pleines et nouvelles lunes l'eau hausse plus que dans les quartiers de la lune ; et vers le temps des équinoxes, au mois de mars et de septembre, ce mouvement alternatif de la mer est le plus considérable. On y observe aussi une grande différence, selon la situation des côtes. En quelques endroits le flux ne monte pas

au delà de quelques pieds, pendant que dans d'autres il s'élève jusqu'à 40 pieds et au delà. C'est au port de Bristol en Angleterre où les marées sont si grandes.

Il est aussi à remarquer que ce phénomène s'observe principalement dans l'Océan, où l'eau a une très-grande étendue, et que dans les mers bornées ou resserrées, comme la mer Baltique et la Méditerranée, il est peu considérable. L'intervalle du flux au reflux suivant n'est pas aussi précisément de 6 heures, mais environ de 11 minutes de plus, en sorte que les mêmes changements ne répondent pas le lendemain aux mêmes heures, mais qu'ils arrivent de 3 quarts d'heure plus tard; et ce n'est qu'au terme de 30 jours qu'ils reviennent à la même heure, ce qui est précisément le temps d'une révolution de la lune, ou d'une nouvelle lune à la suivante.

LETTRE LXIII.

(30 septembre 1760.)

Des différents sentiments des philosophes sur le flux et le reflux de la mer.

Lorsque l'eau de la mer s'élève ou devient plus haute en quelque endroit, il ne faut pas s'imaginer que l'eau y soit enflée par quelque qualité interne, comme le lait, par exemple, se gonfle étant mis dans un vaisseau sur le feu. L'élévation de la mer

est causée par un accroissement réel de l'eau qui y coule d'autre part. C'est un vrai courant, qu'on remarque fort bien sur la mer, qui amène les eaux dans les lieux où le flux arrive. Pour mieux comprendre cela, on n'a qu'à considérer que dans la grande étendue de l'Océan il y a toujours des endroits où l'eau est basse, pendant que dans d'autres elle est haute; et c'est de ces endroits-là d'où l'eau est actuellement transportée dans ceux-ci. Donc, lorsque l'eau hausse en quelque endroit, il y a toujours un courant qui amène l'eau des autres lieux où l'eau baisse en même temps. C'est donc une erreur de s'imaginer, comme font quelques auteurs, que pendant le flux de la mer la masse totale de l'eau devient plus grande, et qu'elle diminue pendant le reflux. La masse ou le volume de la mer entière demeure toujours le même, mais il y règne un mouvement de *réciprocation*, par lequel l'eau est alternativement transportée de certaines régions dans d'autres; et lorsque l'eau est haute quelque part, il y a certainement des endroits où elle est basse, de sorte que l'accroissement, dans les lieux où l'eau est haute, est précisément égal au décroissement dans ceux où elle est basse. Ce sont ces phénomènes du flux et reflux de la mer, dont les anciens philosophes ont en vain tâché de découvrir la cause. Le grand Aristote en fut si surpris, lorsqu'il était avec Alexandre le Grand aux Indes Orientales, qu'il voulut poursuivre la retraite de la mer dans le reflux; mais le retour des eaux dans le flux suivant le surprit tel-

lement, qu'il en fut noyé, et qu'on n'a pu savoir quelles spéculations il peut avoir faites dans cette funeste expérience. Kepler, qui d'ailleurs était un très-grand astronome, et l'ornement de l'Allemagne, a cru que la terre, de même que tous les corps célestes, était un véritable animal vivant, et a regardé le flux et le reflux de la mer comme l'effet de sa respiration. Selon ce philosophe, les hommes et les bêtes étaient comme des insectes ou des poux qui se nourrissaient sur la peau du grand animal. V. A. me dispense aisément de réfuter ce sentiment bizarre. Descartes, ce grand philosophe français, a tâché d'introduire plus de lumière dans la philosophie, et a remarqué que le flux et reflux de la mer se réglait principalement sur le mouvement de la lune, ce qui était déjà, sans contredit, une très-grande découverte, quoique les anciens eussent déjà soupçonné cette liaison entre ces deux phénomènes. Car si la haute mer, par exemple, ou le flux, arrive aujourd'hui à midi, la mer sera basse à 6 heures 11 minutes du soir; elle montera 22 minutes après minuit, et baissera de nouveau à 6 heures 33 minutes le matin du lendemain; et la haute mer ou le flux suivant arrivera trois quarts d'heure après midi du lendemain, de sorte que d'un jour à l'autre les mêmes marées retardent de trois quarts d'heure. Or, comme la même chose se trouve précisément dans le mouvement de la lune, qui se lève toujours trois quarts d'heure plus tard que le jour précédent, il était à présumer que les marées suivaient le cours de la lune. Si dans quel-

que endroit, par exemple le jour de la nouvelle lune, la haute mer arrive à 3 heures après midi, on peut être assuré qu'à l'avenir, tous les jours de la nouvelle lune, la haute mer arrivera constamment à 3 heures après midi, et que les jours suivants elle retardera toujours de 3 quarts d'heure. De plus, non-seulement le temps où chaque flux et reflux arrive suit exactement la lune, mais aussi la grandeur des marées, qui est variable, se trouve dans une liaison très-étroite avec la lune. Les marées sont partout les plus fortes après la nouvelle et la pleine lune, c'est-à-dire que dans ces temps-là l'élévation de l'eau est plus grande que dans les autres temps; et après le premier et dernier quartier, l'élévation de l'eau pendant le flux est la plus petite. Cette belle harmonie entre les marées et le mouvement de la lune suffit sans doute pour conclure que la principale cause du flux et du reflux de la mer doit être cherchée dans la lune. Aussi Descartes croyait-il que la lune, en passant au-dessus de nous, pressait l'atmosphère ou l'air qui environne la terre, et que l'air pressait à son tour sur l'eau, et la faisait baisser. Dans ce cas, il aurait donc fallu que l'eau fût basse dans les endroits au-dessus desquels se trouve la lune, et qu'elle fît le même effet 12 heures après dans la marée suivante, ce qui n'arrive pourtant pas. Outre cela, la lune est trop éloignée de la terre, et l'atmosphère trop basse, pour que la lune puisse l'atteindre; et quand même la lune ou quelque autre grand corps passerait par l'atmosphère, il s'en faut beaucoup qu'elle en fût

pressée, et moins encore la mer ressentirait-elle cette pression prétendue. Cet effort de Descartes pour expliquer le flux et le reflux de la mer n'a donc point eu de succès; mais la liaison de ce phénomène avec le mouvement de la lune, que ce philosophe a si bien développée, a mis ses successeurs en état d'y employer plus heureusement leurs lumières. C'est ce dont j'aurai l'honneur de parler dans la suite à V. A.

LETTRE LXIV.

(4 octobre 1760.)

Explication détaillée de ce phénomène du flux et reflux de la mer par la force attractive de la lune.

La méthode de Descartes pour expliquer le flux et reflux de la mer par la pression de la lune sur notre atmosphère, n'ayant point eu de succès, il était plus raisonnable d'en chercher la cause dans l'attraction que la lune exerce sur la terre, et conséquemment aussi sur la mer. La force attractive de tous les corps célestes étant déjà suffisamment constatée par d'autres phénomènes, comme j'ai eu l'honneur de le faire voir à V. A., on ne saurait douter que le flux et reflux de la mer n'en soit une suite. Dès que nous établissons, en effet, que la lune, ainsi que les autres corps célestes, a la force d'attirer à soi tous les corps en raison de leur masse,

et réciproquement en raison du carré de leur distance, on comprend aisément que la mer, comme un corps fluide, ne saurait être insensible à l'action de cette force, d'autant plus que V. A. aura pu souvent remarquer que la moindre force est capable d'agiter un fluide. Il s'agit seulement d'examiner si la force attractive de la lune, telle que nous la supposons, est effectivement capable de produire dans la mer l'agitation que nous connaissons sous le nom de flux et reflux.

Je suppose que la *fig.* 35 représente la terre et la lune. A est le lieu où l'on voit la lune au-dessus de la terre. B est le lieu directement opposé où se trouvent les Antipodes; et C marque le centre de la terre. Maintenant, puisque le point A est plus proche de la lune que le point B, un corps en A est plus fortement attiré vers la lune qu'un corps semblable placé en B; et si nous supposons un troisième corps semblable au centre de la terre C, il est clair que le corps A sera plus fortement attiré vers la lune que le corps C, et que le corps B y sera moins attiré que le corps C, puisque le corps A est plus proche, et que le corps B est plus éloigné de la lune que le corps C. Or, des corps semblables situés en E et en F sont presque autant attirés vers la lune que celui qui se trouve au centre de la terre C, puisqu'ils se trouvent environ à la même distance de la lune que le corps C. Nous voyons par là que tous les corps de la terre ne sont donc pas également attirés vers la lune. L'inégalité d'attraction dépend de l'inégalité de leur distance au centre

de la lune L, de sorte qu'un corps de la terre est d'autant plus fortement attiré par la lune qu'il en est plus proche, et que l'attraction est d'autant plus petite qu'il en est plus éloigné. C'est à cette inégalité de forces, dont les corps diversement situés sur la terre sont attirés vers la lune, qu'il faut ici principalement faire attention; car si tous les corps étaient attirés également vers la lune, ils obéiraient également à cette force, et il n'arriverait aucun dérangement dans leur situation mutuelle. Que V. A. se représente plusieurs chariots traînés par des forces parfaitement égales, ils poursuivront leur route, en sorte qu'ils conserveront toujours entre eux le même ordre et les mêmes distances; mais dès que quelques chariots marcheront plus vite, et d'autres plus lentement, l'ordre sera troublé. Il en est de même des divers corps de la terre, qui sont attirés par la lune. Si tous ces corps étaient également attirés, ils conserveraient entre eux la même situation, et nous n'y apercevrions aucun dérangement; mais dès que les forces dont ils sont attirés à la lune seront inégales, leur ordre et leur situation mutuelle seront changés, pourvu que ces corps ne soient pas attachés entre eux par des liens que ces forces ne pourraient pas rompre, ce qui ne saurait arriver dans des corps fluides, tels que la mer. La raison en est que tout corps fluide a nécessairement cette propriété, que toutes ses parties se séparent aisément les unes des autres, et que chacune peut obéir librement aux impressions qui l'agitent. Il est donc clair que dès que les forces

qui agissent sur les diverses parties de la mer ne sont pas égales entre elles, il doit naître une agitation et un dérangement dans son assiette ordinaire. Or, on vient de voir que les diverses parties de la mer sont inégalement attirées vers la lune, suivant qu'elles sont inégalement éloignées du centre de la lune; d'où il suit que la mer doit être agitée par la force de la lune, et que la lune changeant continuellement de situation à l'égard de la terre, et faisant autour d'elle sa révolution en vingt-quatre heures et trois quarts environ, la mer doit éprouver les mêmes changements et les mêmes phénomènes, après l'intervalle de vingt-quatre heures et trois quarts, ou que le flux et le reflux doivent retarder d'un jour à l'autre de trois quarts d'heure; ce qui est d'accord avec l'expérience. Il s'agit à présent de montrer comment l'élévation et la dépression alternatives de la mer, qui se succèdent par un intervalle de six heures et onze minutes, résulte de l'inégalité des forces de la lune; et c'est ce que je me propose d'examiner dans la suite.

LETTRE LXV.

(7 octobre 1760.)

Continuation.

La lune, ainsi que V. A. vient de voir, ne cause aucune altération dans l'état de la terre, qu'autant qu'elle agit inégalement sur ses diverses parties. La

raison en est, que si toutes ses parties éprouvaient la même action, elles en seraient aussi également entraînées, et il n'en résulterait aucun changement dans leur situation mutuelle.

Mais un corps en A (*fig.* 35), étant plus proche de la lune que le centre de la terre C, y est aussi plus fortement attiré qu'un corps en C; donc il y approchera aussi plus vite que le corps en C. Il arrive nécessairement par là que le corps A s'éloigne du centre C vers la lune; de même que s'il y avait deux chariots en A et en C, et que le chariot en A fût tiré vers L avec plus de force que celui qui est en C, le chariot A s'éloignerait du chariot C. D'où il est clair que la force de la lune tend à éloigner le point A du centre C. Or, éloigner un corps du centre de la terre, est la même chose que l'élever; et puisqu'il s'agit ici de l'eau qui serait en A, il est certain que la force de la lune tend à élever l'eau qui est en A, et cela par une force égale à l'excès dont le point A est plus fortement attiré vers la lumière que le centre C. C'est donc avec cette force que la lune élève les eaux qui se trouvent immédiatement au-dessous d'elle sur la terre. A présent, considérons aussi un corps en B, opposé directement au point A. Ce corps étant moins attiré par la lune qu'un corps semblable situé au centre de la terre C, ce centre s'approchera plus de la lune que le point B, qui restera pour ainsi dire en arrière, de même qu'un chariot qui marcherait plus lentement que celui qui le précède. L'effet qui en résulte sera que le point C s'éloignera du centre C, et qu'il s'élè-

vera, puisque s'éloigner du centre de la terre n'est autre chose que s'élever. D'où il est évident que la force de la lune tend à élever les eaux, non-seulement celles qui se trouvent en A, mais aussi celles qui sont directement opposées en B, et celles-ci par une force égale à la différence dont le point B est moins attiré vers la lune que le centre C. Or, ceux qui sont en A ont directement la lune au-dessus d'eux, ou bien dans leur zénith; et ceux qui sont en B ne voient point du tout la lune, qui occupe alors un lieu dans le ciel directement opposé à leur zénith, et qui se nomme *nadir*. On comprend donc qu'en quelque endroit de la mer que ce soit, l'eau doit s'élever, tant lorsque la lune se trouve au zénith de l'endroit qu'à son nadir, ou tant lorsque la lune se trouve le plus élevée au-dessus de l'horizon, que lorsqu'elle est le plus au-dessous du même horizon. Dans les temps moyens, lorsque la lune est à l'horizon même, en se levant ou se couchant, elle n'exerce aucune force pour élever la mer; il résulte même alors une petite force contraire qui tend à la faire baisser. Suivant ce système, dans un endroit de la mer où la lune est au zénith, sa force tend à élever l'eau; environ 6 heures après, lorsqu'elle est parvenue à l'horizon, sa force tend à la faire baisser; 12 heures 22 minutes ensuite, la lune, se trouvant à la plus grande profondeur au-dessous de l'horizon, exerce la même force pour élever l'eau, et 18 heures 33 minutes encore après, elle remonte sur l'horizon, en faisant baisser l'eau, jusqu'à ce qu'enfin, après 24 heures et 45 minutes depuis le



premier terme, elle retourne au zénith du ciel, où elle recommence à élever l'eau comme elle l'avait fait le jour précédent; et c'est ce qui s'accorde parfaitement avec les expériences. Ces alternatives d'élévations et dépressions de la mer, par des intervalles de 6 heures et 11 minutes, ayant une si grande conformité avec le mouvement de la lune, ne permettent pas de douter que le flux et reflux de la mer ne soit causé par la force attractive de la lune. La circonstance la plus remarquable est que la lune agit également sur la mer en l'élevant, soit qu'elle se trouve à la plus grande hauteur au-dessus de l'horizon, ou à la plus grande profondeur au-dessous du même horizon. Ce qui d'abord a paru fort étrange aux philosophes, qui s'imaginaient que la lune sous l'horizon devrait produire un effet contraire à celui qu'elle produit au zénith; mais V. A. verra très-clairement comment il arrive que, dans ces deux positions directement opposées, la lune produit le même effet, puisque, dans la *fig.* 35, j'ai démontré que l'effet de la lune est le même en A qu'en B.

LETTRE LXVI.

(11 octobre 1760.)

Continuation.

D'après ce que j'ai eu l'honneur de dire à V. A. sur le flux et reflux de la mer, elle verra que le

système de Newton, que j'ai suivi, est directement contraire à celui de Descartes. Selon ce dernier, la lune agit par pression, et la mer devrait baisser aux endroits situés directement sous la lune; au lieu que, selon Newton, la lune agit par attraction, et fait élever l'eau dans les mêmes lieux. L'expérience déciderait donc lequel de ces deux systèmes pouvait être admis. On n'aurait qu'à consulter les observations faites dans le grand Océan, pour voir si l'eau monte ou descend, quand la lune se trouve au zénith de cet endroit. On y a eu recours effectivement, mais on a remarqué que, lorsque la lune se trouve au zénith ou au nadir d'un lieu donné, l'eau n'y est ni haute ni basse, et que la haute mer n'arrive que quelques heures après que la lune a passé par le zénith : d'où des gens, qui n'examinent pas à fond les choses, ont d'abord fait la conclusion, que ni l'un ni l'autre de ces deux systèmes n'était recevable; et les cartésiens en ont tiré quelque avantage, croyant que si celui de Newton était rejeté, celui de Descartes devait nécessairement être admis, quoique l'observation rapportée soit aussi contraire au système de Descartes qu'elle paraît l'être à celui de Newton. Cependant le système de Descartes est renversé par ce seul phénomène, que la mer se trouve toujours dans le même état après un terme de 12 heures 22 minutes, ou que l'état de la mer est le même, soit que la lune se trouve au-dessus ou au-dessous de l'horizon; et il est impossible à ses défenseurs de montrer comment la lune, étant sur les têtes de nos Antipodes, peut produire

le même effet que lorsqu'elle se trouve au-dessus de nos têtes. On va le voir par la *fig.* 36.

Il est certain par l'expérience, que l'état de l'eau en A est le même, soit que la lune se trouve en M, où est son zénith, ou qu'elle soit en N, le nadir de A, et par conséquent le zénith des Antipodes en B. Il faut donc que l'effet de la lune sur l'eau en A soit le même dans l'un et l'autre cas. Or, si la lune agit par pression, comme Descartes le prétend, il s'ensuit que la lune étant en M doit faire baisser l'eau en A, et que si elle est en N, il est impossible que l'eau en A éprouve la même pression. Mais dans le système d'attraction, au contraire, il est incontestable que l'action de la lune doit être à peu près la même, soit que la lune se trouve en M ou en N; et c'est ce que font voir les observations. On peut se souvenir ici de l'explication que j'ai donnée ci-dessus, et que je répéterai, parce qu'elle est de la dernière importance. Lorsque la lune est en M, le point A lui est plus proche que le centre C : donc, il est plus fortement attiré que le centre C; donc, le point A s'éloignera du centre ; donc, il s'élèvera; donc, la lune étant en M tend à élever les eaux en A. Voyons à présent ce que fera la lune en N, où elle parvient 12 heures 22 minutes après avoir été en M. Puisque le point A est plus éloigné de la lune en N que le centre C, il y sera plus faiblement attiré : donc, le centre C s'avancera plus vite vers N que le point A; donc, la distance AC deviendra plus grande; donc, le point A sera plus éloigné du centre C; or, s'éloigner du centre de la

terre, est la même chose que monter : par conséquent, la lune étant en N fait monter le point A, ou tend à élever les eaux en A, de la même manière que si la lune était en M. L'expérience cependant forme ici une grande objection, puisqu'on observe que, lorsque la lune est en M, ou en N, l'eau en A ne se trouve pas à sa plus grande élévation : elle n'y arrive que quelque temps après ; et par cette raison quelques-uns n'ont pas hésité de rejeter tout à fait cette explication. Mais V. A. comprendra facilement que ce jugement est précipité. Je n'ai pas dit que, lorsque la lune est en M ou en N, les eaux en A se trouvent à la plus grande hauteur ; j'ai dit simplement que la force de la lune tend alors à faire monter les eaux. Or, les eaux ne sauraient monter en A, sans que leur quantité ne soit augmentée ; il faut donc qu'elles y coulent d'autres endroits, et même fort éloignés : il faut du temps pour qu'une quantité suffisante d'eau se soit accumulée ; donc, il est très-naturel que la haute mer en A ne saurait arriver que quelque temps après que la lune sera passée par M ou N. Donc, tant s'en faut que cette observation renverse notre système, qu'elle le confirme au contraire. Il est sans doute que la force qui tend à élever la mer doit précéder sa plus grande élévation, et même d'un temps assez considérable, puisque les eaux doivent y couler d'endroits fort éloignés, c'est-à-dire de ceux où l'eau est basse, pendant qu'elle est haute en A. Si les eaux doivent passer par des détroits, ou qu'elles rencontrent d'autres obstacles dans leur courant, la haute

mer en sera d'autant plus retardée; et si dans l'Océan la haute mer arrive en A deux heures après que la lune a passé par M ou N, dans les mers plus resserrées elle n'arrive que trois et plusieurs heures après : ce qui s'accorde parfaitement avec les observations.

LETTRE LXVII.

(14 octobre 1760.)

Continuation.

V. A. ne doit plus avoir aucun doute que le flux et reflux de la mer ne soit causé par la force attractive de la lune; mais il reste encore une difficulté à lever, qui est, que cette agitation de la mer est beaucoup plus considérable aux temps des nouvelles et pleines lunes, qu'elle ne l'est au temps des quartiers de la lune. Si la lune était plus proche de la terre lorsqu'elle est nouvelle ou pleine que lorsqu'elle est dans les quartiers, il n'y aurait point de difficulté, puisqu'un plus grand voisinage augmenterait la force de la lune. Mais quoique la lune s'approche tantôt plus, tantôt moins de la terre, la différence serait toujours trop petite pour produire un changement si considérable dans le flux et reflux de la mer. Outre cela, cette différence ne se règle pas sur les nouvelles et pleines lunes; et il peut arriver que la lune, étant dans ses quartiers,

nous soit plus proche que lorsqu'elle est pleine ou nouvelle. Il faut donc recourir à une cause qui soit capable d'augmenter le flux et reflux de la mer dans les nouvelles et pleines lunes, et de le diminuer dans les quartiers. Or, le système d'attraction nous découvre d'abord cette cause. C'est la force attractive du soleil qui, jointe à celle de la lune, fournit l'explication complète de tous les phénomènes que le flux et le reflux de la mer nous présentent. En effet, tout ce que j'ai exposé sur la force de la lune pour mettre la mer en agitation est aussi applicable au soleil, dont la force attractive agit pareillement sur toutes les parties de la terre, en attirant plus fort celles qui lui sont proches que celles qui sont plus éloignées. La force du soleil est même beaucoup plus grande que celle de la lune, puisqu'elle règle principalement le mouvement de la terre, et lui fait parcourir son orbite. Mais quant à l'agitation qu'elle occasionne dans la mer, elle dépend de l'inégalité de ces forces, en tant que les points de la surface de la terre sont plus ou moins attirés vers le soleil que son centre, ainsi que je l'ai déjà fait voir en expliquant l'action de la lune. La raison en est, que si toutes les parties de la terre étaient également attirées, il ne résulterait aucun changement dans leur situation mutuelle. Or, quoique la force du soleil soit beaucoup plus grande que celle de la lune, l'inégalité, par rapport aux diverses parties de la terre, est néanmoins plus petite. A cause de la grande distance du soleil, qui est environ 300 fois plus éloigné de la terre que la

lune, la différence qui se trouve entre les forces dont le centre de la terre et les points de sa surface sont attirés vers le soleil, est donc très-petite; et après en avoir fait le calcul, on trouve que cette différence est environ trois fois plus petite que l'inégalité entre les forces de la lune; d'où l'on voit que la seule force attractive du soleil serait aussi capable de causer le flux et reflux de la mer, mais qui serait environ trois fois plus petit que celui qui est causé par la lune. De là il est évident que le flux et le reflux de la mer est une production compliquée, tant de la force de la lune que de celle du soleil; ou qu'il y a effectivement deux marées, dont l'une est causée par la lune et l'autre par le soleil; celle-là est nommée la *marée lunaire*, et celle-ci la *marée solaire*. Celle de la lune, qui est environ trois fois plus grande, suit le mouvement de la lune, et retarde d'un jour à l'autre de trois quarts d'heure; et celle qui suit le mouvement du soleil répondrait toujours aux mêmes heures du jour, si elle existait seule, ou s'il n'y avait point de lune. Ces deux marées, la lunaire et la solaire ensemble, produisent le flux et le reflux de la mer qu'on observe actuellement; mais comme l'une et l'autre séparément font élever et baisser alternativement la mer, quand il arrive que ces deux causes opèrent conjointement à hausser et baisser la mer, le flux et le reflux de la mer devient d'autant plus considérable; mais quand l'une tend à élever la mer pendant que l'autre la fait baisser au même endroit, de sorte que leurs effets sont contraires, alors l'une

sera diminuée par l'autre, ou la marée lunaire sera diminuée par la solaire. Donc, selon que ces deux marées sont d'accord ensemble, ou l'une contraire à l'autre, le flux et le reflux de la mer sera d'autant plus ou moins considérable. Or, puisque dans les nouvelles lunes le soleil et la lune se trouvent aux mêmes lieux du ciel, leurs effets sont parfaitement d'accord ensemble, et le flux et reflux de la mer doit devenir le plus grand, étant égal à la somme des deux marées. La même chose aura aussi lieu dans les pleines lunes, lorsque la lune est opposée au soleil; puisque nous savons que la lune produit le même effet, quoiqu'elle se trouve en deux lieux directement opposés du ciel; donc le flux et reflux doit être le plus grand tant dans les nouvelles que dans les pleines lunes. Dans le premier et dernier quartier de la lune il arrive le contraire. Lorsque la marée lunaire élève les eaux, la solaire les abaisse, et réciproquement; d'où il est clair que dans ces temps le flux et reflux doit être le plus petit, comme on le remarque aussi par les observations. On peut encore faire voir, par le calcul, que l'effet tant de la lune que du soleil est un peu plus grand lorsque ces corps se trouvent dans l'équateur du ciel, ou qu'ils sont également éloignés des deux pôles du monde, ce qui arrive au temps des équinoxes, vers la fin des mois de mars et de septembre; et on observe aussi que, dans ces saisons, les marées sont les plus violentes. Il ne reste donc plus aucun doute que les marées, ou le flux et reflux de la mer, ne soient causés par



la force attractive tant de la lune que du soleil, en tant que ces forces agissent inégalement sur les diverses parties de la mer; et l'heureuse explication de ce phénomène, qui avait si fort embarrassé nos ancêtres, confirme entièrement le système d'attraction, ou gravitation universelle, sur lequel est fondé le mouvement de tous les corps célestes.

LETTRE LXVIII.

(18 octobre 1760.)

Exposition plus détaillée de la dispute des philosophes sur la cause de la gravitation universelle.

Après avoir donné à V. A. une idée générale, mais complète, des forces qui produisent les principaux phénomènes dans le monde, et sur lesquelles sont fondés les mouvements de tous les corps célestes, il sera important de considérer plus exactement ces forces que le système d'attraction renferme. On suppose, dans ce système, que tous les corps s'attirent mutuellement, en raison de leur masse et par rapport à leur distance, suivant la loi que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. L'heureuse explication de la plupart des phénomènes de la nature prouve suffisamment que cette supposition est très-solidement fondée; de sorte qu'on peut regarder comme un fait le mieux constaté, que tous les corps s'attirent actuellement les uns

aux autres. Il s'agit à présent d'approfondir la véritable source de ces forces attractives, ce qui appartient plutôt à la métaphysique qu'aux mathématiques; et je ne saurais me flatter d'y réussir aussi heureusement.

Puisqu'il est certain qu'en considérant deux corps quelconques, l'un est attiré vers l'autre, on demande la cause de ce penchant mutuel; c'est là-dessus que les sentiments sont fort partagés. Les philosophes anglais soutiennent que c'est une propriété essentielle de tous les corps de s'attirer mutuellement; que c'est comme un penchant naturel que tous les corps ont les uns pour les autres, en vertu duquel les corps s'efforcent de s'approcher mutuellement, comme s'ils étaient pourvus de quelque sentiment ou désir. D'autres philosophes regardent ce sentiment comme absurde et contraire aux principes d'une philosophie raisonnable. Ils ne nient pas le fait; ils tombent même d'accord qu'il y a actuellement au monde des forces qui poussent les corps les uns vers les autres; mais ils soutiennent que ces forces agissent de dehors sur les corps, et qu'elles se trouvent dans l'éther, ou cette matière subtile qui environne tous les corps, de même que nous voyons qu'un corps plongé dans un fluide en peut recevoir plusieurs impressions pour le mettre en mouvement. Donc, selon les premiers, la cause de l'attraction réside dans les corps mêmes et dans leur propre nature; et, selon les derniers, cette cause réside hors des corps, dans le fluide subtil qui les environne. Dans ce

cas le nom d'attraction serait peu propre; il faudrait alors plutôt dire que les corps sont poussés les uns vers les autres. Mais puisque l'effet est le même, soit que deux corps soient poussés ou attirés réciproquement, le seul nom d'attraction ne doit pas choquer, pourvu qu'on ne veuille pas par là décider sur la nature même de la cause. Pour éviter toute confusion que la façon de parler pourrait causer, on devrait plutôt dire que les corps du monde se meuvent de la même manière, comme s'ils s'attiraient mutuellement les uns les autres. Par là on laisserait indécis si les forces qui agissent sur les corps résident dans les corps mêmes ou hors d'eux. Par cette manière de parler, l'un et l'autre parti pourrait être content. Arrêtons-nous aux corps que nous rencontrons sur la surface de la terre. Personne ne saurait douter que tous ces corps ne tombassent en bas dès qu'ils ne seraient plus soutenus, et c'est sur la véritable cause de cette chute que roule la question. Les uns disent que c'est la terre qui attire ces corps, par une force qui lui appartient en vertu de sa nature; les autres disent que c'est l'éther, ou autre matière subtile et invisible qui pousse les corps en bas, de sorte que l'effet est néanmoins le même dans l'un et l'autre cas. Le dernier sentiment plaît davantage à ceux qui aiment des principes clairs dans la philosophie, puisqu'ils ne voient pas comment deux corps éloignés l'un de l'autre peuvent agir l'un sur l'autre, à moins qu'il n'y ait quelque chose entre eux. Les autres recourent à la toute-puissance divine,

et soutiennent que Dieu a revêtu tous les corps d'une force capable de s'attirer mutuellement. Quoiqu'il soit dangereux de vouloir disputer sur ce que Dieu aurait pu faire, il est néanmoins certain que si l'attraction était un ouvrage immédiat de la toute-puissance divine, sans être fondée dans la nature des corps, ce serait la même chose que si l'on disait que Dieu pousse immédiatement les corps les uns vers les autres, ce qui serait des miracles continuels. Supposons qu'avant la création du monde Dieu n'eût créé que deux corps éloignés l'un de l'autre, qu'il n'existât hors d'eux absolument rien, et que ces corps fussent en repos : serait-il bien possible que l'un s'approchât de l'autre, ou qu'ils eussent un penchant à s'approcher? comment l'un sentirait-il l'autre dans l'éloignement? comment pourrait-il avoir un désir de s'en approcher? Ce sont des idées qui révoltent : mais dès qu'on suppose que l'espace entre les corps est rempli d'une matière subtile, on comprend d'abord que, si cette matière peut agir sur les corps en les poussant, l'effet serait le même comme s'ils s'attiraient mutuellement. Puisque nous savons donc que tout l'espace entre les corps célestes est rempli d'une matière subtile qu'on nomme l'éther, il semble plus raisonnable d'attribuer l'attraction mutuelle des corps à une action que l'éther y exerce, quoique la manière nous soit inconnue, que de recourir à une qualité inintelligible. Les anciens philosophes se sont contentés d'expliquer les phénomènes du monde par ces sortes de qualités qu'ils

ont nommées *occultes*, en disant, par exemple, que l'opium fait dormir par une qualité occulte qui le rend propre à procurer le sommeil; c'était ne rien dire du tout, ou plutôt c'était vouloir cacher son ignorance: on devrait donc aussi regarder comme une qualité occulte l'attraction, en tant qu'on la donne pour une propriété essentielle des corps; mais comme aujourd'hui l'on tâche de bannir de la philosophie toutes les qualités occultes, l'attraction considérée dans ce sens doit être aussi bannie.

DEUXIÈME PARTIE.

LETTRE PREMIÈRE.

(21 octobre 1760.)

Sur la nature et l'essence des corps; ou bien sur l'étendue, la mobilité et l'impénétrabilité des corps.

La dispute métaphysique, si les corps peuvent être doués d'une force interne de s'attirer les uns les autres, sans qu'ils soient poussés par une force externe, ne saurait être terminée sans entrer dans une discussion plus particulière sur la nature des corps en général. Comme cette matière est de la dernière importance, non-seulement dans les mathématiques et la physique, mais aussi dans toute la philosophie, V. A. ne trouvera pas mauvais que je m'étende un peu sur ce sujet.

D'abord on demande ce que c'est qu'un corps? Quelque absurde que paraisse cette question, puisque personne n'ignore la différence qui se trouve entre ce qui est corps et ce qui n'est pas corps, il est pourtant difficile d'approfondir les vrais caractères qui constituent la nature des corps. Les cartésiens disent que la nature des corps consiste dans l'étendue, de sorte que tout ce qui est étendu soit

aussi un corps. Ils entendent bien une étendue à trois dimensions; et ils sont assez bons géomètres pour savoir qu'une seule dimension, ou une étendue selon la seule longueur, ne donne qu'une ligne, et que deux dimensions, où il n'y a que longueur et largeur, ne forment qu'une surface, qui n'est pas encore un corps. Pour constituer un corps, il faut donc avoir trois dimensions, et tout corps doit avoir une longueur, une largeur et une profondeur ou épaisseur, c'est-à-dire une étendue à trois dimensions. Mais on demande en même temps si tout ce qui a cette étendue est un corps? ce qui devrait être, si la définition de Descartes était juste. L'idée que le peuple se forme des spectres renferme bien une étendue, et cependant on nie que ce soient des corps. Quoique cette idée soit purement imaginaire, elle sert pourtant à prouver que quelque chose pourrait être étendu, sans être un corps. Outre cela, l'idée que nous avons de l'espace renferme sans doute une étendue à trois dimensions; et néanmoins on convient que l'espace seul n'est pas encore un corps, il ne fait que fournir les lieux que les corps occupent et remplissent. Supposons que tous les corps qui s trouvent à présent dans ma chambre, et même l'air qui y est, soient anéantis par la toute-puissance divine, et il y aura encore dans ma chambre la même longueur, largeur et profondeur, sans qu'il y ait aucun corps. Voilà donc la possibilité du moins d'une étendue qui ne serait pas corps. Un tel espace sans corps est nommé un *vide*, et un vide est donc une étendue sans corps.

Aussi dit-on, suivant la superstition du peuple, que par exemple un spectre a bien une étendue, mais le corps ou la corporalité lui manque; d'où il est clair qu'il ne suffit pas d'être étendu, qu'il faut encore quelque chose de plus pour constituer un corps, d'où suit que la définition des cartésiens n'est pas suffisante. Mais qu'est-ce qui est requis, outre l'étendue, pour former un corps? On répond que c'est la mobilité, ou la possibilité d'être mis en mouvement; car quoiqu'un corps soit en repos, et qu'il s'y tienne très-ferme, il serait pourtant possible de le mouvoir, pourvu qu'il y eût des forces suffisantes. On exclut par là l'espace de la classe des corps, puisqu'on comprend que l'espace qui ne sert qu'à recevoir les corps demeure immobile, quelque mouvement que puissent avoir les corps qui y sont contenus. On dit aussi que par le mouvement les corps sont transportés d'un lieu dans un autre; par où l'on donne à entendre que les lieux et l'espace demeurent inaltérables : cependant ma chambre, avec le vide que j'ai supposé ci-dessus, pourrait bien être mue, et l'est même en effet, puisqu'elle est emportée par le mouvement qui emporte la terre elle-même; voilà donc un vide qui serait en mouvement sans être corps. Aussi la superstition suppose-t-elle du mouvement aux spectres, ce qui suffit pour prouver que la mobilité et l'étendue ne constituent pas seules la nature du corps. Il faut quelque chose de plus, il faut de la matière pour constituer un corps; ou plutôt on nomme *matière* ce qui distingue un corps réel d'une simple éten-

due ou d'un spectre. Nous voilà donc réduits à expliquer ce que c'est que la matière, sans laquelle une étendue ne saurait être corps. Or, la signification de ces deux termes est tellement la même, que tout corps est matière et que toute matière est corps, de sorte que nous ne sommes guère avancés. Cependant on découvre aisément un caractère général, qui convient à toute matière, et par conséquent à tout corps; c'est l'*impénétrabilité*, l'impossibilité d'être pénétré par d'autres corps, ou bien l'impossibilité que deux corps occupent à la fois le même lieu. En effet, c'est l'impénétrabilité qui manque au vide ou aux spectres, pour n'être pas corps; et si un spectre, quelque imaginaire qu'il soit, était impénétrable, c'est-à-dire si on n'y pouvait passer la main sans y rencontrer quelques obstacles, on ne douterait pas de ranger ce spectre dans la classe des corps; mais dès qu'on le regarde comme pénétrable, on nie sa corporalité. Peut-être objectera-t-on qu'on peut passer la main par l'eau et par l'air, qui sont pourtant reconnus pour être des corps; ce seraient donc des corps pénétrables, et l'impénétrabilité ne serait donc pas un caractère nécessaire des corps. Mais il faut bien remarquer que, quand on passe la main par l'eau, les particules de l'eau cèdent à la main, et là où est la main il n'y a plus d'eau. Si la main pouvait passer par l'eau, de sorte que l'eau n'échappât point à la main, et qu'elle demeurât dans le même lieu où se trouve la main, alors l'eau serait pénétrable; mais il est clair que cela n'arrive point. Donc, tous les corps

sont impénétrables, ou un corps exclut toujours du lieu qu'il occupe tous les autres corps ; et dès qu'un autre corps entre dans ce lieu, il faut absolument que le premier le quitte. C'est ainsi qu'il faut entendre le terme d'impénétrabilité.

LETTRE II.

(25 octobre 1760.)

Sur l'impénétrabilité des corps en particulier.

V. A. peut-être m'objectera, contre l'impénétrabilité des corps, l'exemple d'une éponge qui, étant plongée dans l'eau, en paraît entièrement pénétrée ; mais il s'en faut beaucoup que les particules de l'éponge soient tellement pénétrées, qu'une particule d'eau se trouve avec une particule de l'éponge au même lieu. On sait plutôt que l'éponge est un corps fort poreux, et qu'avant d'être mise dans l'eau, ses pores sont remplis d'air ; aussitôt que l'eau entre dans les pores de l'éponge, l'air en est chassé par l'eau, et monte en forme de petites bulles ; de sorte que dans ce cas il n'arrive aucune pénétration, ni de l'air par l'eau, ni de l'eau par l'air, celui-ci s'échappant toujours des lieux où l'eau entre. C'est donc une propriété générale et essentielle de tous les corps, d'être impénétrables ; et par conséquent on doit convenir de la justesse de cette définition : qu'un corps est une étendue

impénétrable, puisque non-seulement tous les corps sont étendus et impénétrables, mais aussi réciproquement que tout ce qui est étendu, et en même temps impénétrable, est sans contredit un corps. Par là le vide est exclu de la classe des corps; car, quoiqu'il ait de l'étendue, l'impénétrabilité lui manque; et où il y a du vide, on y peut mettre des corps, sans que rien soit chassé de sa place: et on n'exclut un spectre, quoique imaginaire, de la classe des corps, que parce qu'il est pénétrable; car dès qu'on s'imaginerait qu'un spectre fût impénétrable, on devrait lui accorder une place parmi les corps. Il faut encore lever une autre difficulté qu'on fait contre l'impénétrabilité des corps. Il y a, dit-on, des corps qui se laissent comprimer dans un moindre espace, comme par exemple la laine, et surtout l'air, duquel nous savons qu'il se laisse comprimer dans un espace jusqu'à mille fois plus petit. Il semble donc que les diverses particules d'air sont réduites dans le même lieu, et qu'elles se pénètrent par conséquent mutuellement: rien de cela cependant, car l'air est aussi un corps, ou une matière remplie de pores, qui sont ou vides, ou pleins de ce fluide incomparablement plus subtil, qu'on nomme l'éther Dans le premier cas, il ne se fera aucune pénétration, puisque les particules d'air ne font que s'approcher davantage entre elles, en diminuant les vides; et dans l'autre cas, l'éther trouve assez de petits passages pour échapper quand les pores sont comprimés et que les particules d'air s'approchent,

toujours cependant sans se pénétrer mutuellement. C'est aussi la raison pour laquelle il faut employer une plus grande force, quand on veut comprimer l'air davantage : et s'il était possible de le comprimer au point que toutes ses particules se touchassent, alors il serait impossible de le comprimer davantage, quelque force qu'on y voulût employer; et cela, par cette raison qu'une plus grande compression demanderait une pénétration de la propre matière de l'air. C'est donc une loi nécessaire et fondamentale dans la nature, que deux corps ne sauraient se pénétrer mutuellement, ou être réduits dans le même lieu; et c'est d'après ce principe qu'il faut chercher la véritable source de tous les mouvements, et des changements que nous observons dans le mouvement de tous les corps. Dès que deux corps ne sauraient continuer leur mouvement sans se pénétrer, il faut absolument que l'un fasse place à l'autre. Ainsi, si deux corps se meuvent sur une même ligne, l'un à gauche et l'autre à droite, comme il arrive souvent au billard; si chacun continuait son mouvement, ils devraient se pénétrer mutuellement; mais puisque cela est impossible, dès que les deux corps viennent à se toucher, il se fait un choc par lequel le mouvement de chaque corps est changé presque subitement; et ce choc n'est opéré dans la nature que pour prévenir la pénétration. Le mouvement de chaque corps n'est précisément changé qu'autant qu'il le faut pour empêcher toute pénétration; et c'est en cela que consiste la véritable cause de tous les chan-

gements qui arrivent dans le monde. Quand on considère attentivement tous ces changements, on trouve toujours qu'ils arrivent afin de prévenir quelque pénétration, qui aurait dû se faire si ces changements n'étaient point arrivés. Au moment que j'écris ces lignes, je remarque que, si le papier était pénétrable, ma plume le traverserait librement sans écrire; mais comme le papier soutient la pression de ma plume humectée d'encre, le papier en reçoit quelques parties d'où sont formées ces lettres; ce qui n'arriverait pas, si les corps se pénétraient. Cette propriété de tous les corps, connue sous le nom d'impénétrabilité, est donc non-seulement de la dernière importance à l'égard de toutes nos connaissances, mais elle contient aussi le grand ressort par lequel la nature opère toutes ses productions. Elle mérite donc d'être attentivement examinée, pour pouvoir expliquer plus clairement à V. A. tant la nature des corps, que les principes de tous les mouvements qu'on nomme les *lois du mouvement*, tant vantées par les philosophes.

LETTRE III.

(28 octobre 1760.)

Du mouvement et du repos vrais et apparents.

Tout corps est en repos ou en mouvement. Quelque évidente que paraisse cette distinction, il est

presque impossible de juger si un corps se trouve dans l'un ou l'autre état. Le papier que je vois sur ma table me semble effectivement en repos; mais quand je réfléchis que la terre tout entière se meut avec une vitesse aussi grande que j'ai eu l'honneur de le faire voir à V. A., il faut absolument que ma maison, avec ma table et ce papier, soient emportés par le même mouvement: ainsi tout ce qui nous paraît être en repos a véritablement le même mouvement que la terre. Il faut donc distinguer entre le vrai repos et le repos apparent. Le vrai repos est lorsqu'un corps demeure constamment dans le même lieu, non par rapport à la terre, mais par rapport à l'univers. Ainsi, si les étoiles fixes demeuraient toujours aux mêmes lieux de l'univers, elles seraient en repos, quoiqu'elles semblent se mouvoir bien rapidement; mais comme on n'en est pas certain, on ne peut pas dire que les étoiles fixes se trouvent dans un vrai repos. Ce qu'on nomme repos apparent est lorsqu'un corps conserve la même situation sur la terre; on dit alors qu'il est en repos, mais il faut l'entendre d'un repos apparent. Il est à présumer aussi que ces termes de repos et de mouvement se sont introduits dans la langue pour marquer plutôt l'apparence que la vérité; et dans ce sens je puis hardiment dire que ma table est en repos, de même que toute la terre, et que le soleil et les étoiles fixes sont en mouvement, et même dans un mouvement fort rapide, quoiqu'ils soient peut-être véritablement en repos. Ce serait donc attribuer aux termes des idées étran-

gères et purement philosophiques, que de vouloir les confondre avec ceux de vrai repos et de vrai mouvement ; et il est fort ridicule d'employer, comme font quelques-uns, des passages de l'Écriture sainte, pour prouver que la terre est en repos et le soleil en mouvement. Toutes les langues sont introduites pour l'usage du peuple, et les philosophes sont obligés de se former une langue particulière. Puisque nous ne saurions juger du repos vrai, il est très-naturel que nous jugions en repos les corps qui conservent la même situation à l'égard de la terre, comme il est très-vraisemblable que les habitants des autres planètes jugent aussi du repos par la même situation à l'égard de leur planète. Nous voyons que ceux qui voyagent par mer estiment en repos les choses qui conservent la même situation à l'égard de leur vaisseau, et que les côtes qu'ils découvrent leur semblent être en mouvement, sans qu'on puisse leur faire des reproches sur cette manière de parler. Il y a donc une grande différence entre le repos et le mouvement vrais ou absolus, et le repos et le mouvement apparents, ou relatifs à un corps qu'on considère alors comme s'il était en repos, quoique peut-être il soit en mouvement. Les principes ou lois du mouvement se rapportent principalement à l'état absolu des corps, c'est-à-dire, à leur repos ou à leur mouvement, vrai ou absolu. Pour découvrir ces lois, on commence par considérer un seul corps, abstraction faite de tous les autres, comme s'ils n'existaient point. Cette hypothèse, quoique impossible, peut faire distinguer

ce qui est opéré par la nature du corps même, de ce que d'autres corps peuvent opérer sur lui. Soit donc un corps seul et en repos, on demande s'il demeurera en repos, ou s'il commencera à se mouvoir? Comme il n'y a aucune raison qui le porte à se mouvoir d'un côté plutôt que d'un autre, on conclut qu'il demeurera toujours en repos. La même chose doit arriver, supposant l'existence d'autres corps, pourvu qu'ils n'agissent pas sur le corps en question; d'où suit cette loi fondamentale : *Quand un corps se trouve une fois en repos, et qu'il n'y a rien au dehors qui agisse sur lui, ce corps demeurera toujours en repos; et s'il commençait à se mouvoir, la cause de son mouvement serait hors de lui, de sorte qu'il n'y a rien dans le corps même qui soit capable de le mettre en mouvement.* Donc, quand nous voyons qu'un corps qui a été en repos commence à se mouvoir, nous pouvons être assurés que ce mouvement a été causé par une force externe, puisqu'il n'y a rien dans le corps même qui soit capable de le mettre en mouvement, et que ce corps, s'il était seul et sans communication avec d'autres corps, serait toujours resté en repos. Quelque fondée que soit cette loi, qui pourrait aller de pair avec les vérités géométriques, il y a des gens, peu accoutumés à examiner les choses, qui prétendent que l'expérience y est contraire. Ils allèguent l'exemple d'un fil auquel est suspendue une pierre qui est en repos, mais qui tombe dès qu'on coupe le fil. Il est certain, disent-ils, que l'action par laquelle on coupe le fil n'est pas capable de faire mouvoir la

pierre; il faut donc que la pierre tombe par une force qui lui est propre et interne. Le fait est certain, mais il est aussi clair que la gravité est la cause de la chute, et non une force interne qui serait dans la pierre. Mais ils continuent, et disent que la gravité pourrait être une force intrinsèque attachée à la nature de la pierre. Il faut remarquer sur cela que la gravité est produite, ou par une matière subtile, ou par l'attraction de la terre. Dans le premier cas, c'est certainement cette matière subtile qui cause la chute de la pierre; dans le second, qui paraît favorable à nos adversaires, on ne saurait dire non plus que la pierre tombe par une force qui lui est intrinsèque; c'est plutôt la terre qui en contient la cause, et opère la chute de la pierre par sa force attractive; car s'il n'y avait point de terre, ou si la terre était dépouillée de sa force attractive, ils conviennent que la pierre ne tomberait pas. Il est donc toujours certain que la cause de la chute ne réside pas dans la pierre même; c'est donc toujours une cause externe, soit qu'elle se trouve dans la matière subtile ou dans la terre, supposé qu'elle soit douée d'une force attractive, comme les partisans de l'attraction le prétendent. Cette difficulté levée, la loi que je viens d'établir subsiste, savoir, qu'un corps, une fois en repos, y demeurera toujours, à moins qu'il ne soit mis en mouvement par quelque cause qui lui soit étrangère. Cette loi doit avoir lieu, pourvu que le corps ait été pendant un seul instant en repos, quoiqu'il se soit auparavant trouvé en mouvement; et dès qu'il a été une fois

réduit au repos, il conservera toujours cet état de repos, à moins qu'il ne survienne quelque cause étrangère qui le mette en mouvement. Ce principe étant le fondement de toute la mécanique, il était nécessaire de le constater le plus solidement qu'il m'a été possible.

LETTRE IV.

(1er novembre 1760.)

Du mouvement uniforme, et des mouvements accélérés et retardés.

Je reviens à notre corps, tellement placé qu'il n'a point de liaison avec aucun autre corps. Supposons maintenant que ce corps ait reçu quelque mouvement, par quelque cause que ce soit, il s'agit de savoir ce qui lui arrivera dans la suite; si ce corps continuera à se mouvoir, ou s'il sera réduit au repos, et cela subitement ou après quelque temps? V. A. comprend bien que cette question est fort importante, et que toutes les recherches que nous faisons sur le mouvement des corps en dépendent. Examinons si par la voie du raisonnement nous pouvons parvenir à la décision de cette question. Comme le repos est la demeure d'un corps au même endroit, de même le mouvement est le passage d'un lieu dans un autre; et lorsqu'un corps passe d'un lieu dans un autre, on dit qu'il est en mouvement. Or, il y a deux choses à dis-



tinguer en tout mouvement, la direction et la vitesse. La direction est le lieu vers lequel le corps est porté par le mouvement, et la vitesse est cette qualité bien connue par laquelle on dit qu'un corps parcourt dans un certain temps plus ou moins d'espace. Je suis assuré que V. A. a sur cela des idées plus justes que je ne pourrais lui en fournir par une plus ample explication. Je remarque seulement que tant qu'un corps conserve la même direction, il se meut selon une ligne droite; et réciproquement, tant qu'un corps se meut selon une ligne droite, il conserve la même direction; mais que quand un corps se meut suivant une ligne courbe, il change continuellement de direction.

Si donc un corps se meut dans la ligne courbe ABC (*fig.* 37), lorsqu'il est en A, sa direction est la petite ligne A*a*; lorsqu'il est en B, sa direction est la petite ligne B*b*; et en C, la petite ligne C*c*. On prolonge alors aussi ces petites lignes, dont les continuations sont marquées par les lignes droites ponctuées AL, BM, CN; et l'on dit que lorsque le corps passe par A, sa direction est la ligne droite AL, puisque si le corps conservait la même direction qu'il a en A, il serait mû selon la ligne droite AL. Il est donc clair qu'il ne se meut par la ligne courbe qu'autant qu'il change continuellement sa direction. De même, quand il parvient en B et en C, la direction dont il s'écarte est exprimée par les lignes droites BM et CN.

Quant à la vitesse du mouvement dans un corps, V. A. comprend aisément ce que c'est que de con-

server toujours la même vitesse; cela arrive lorsque le corps se meut toujours également, ou qu'il parcourt en temps égaux des chemins égaux. Ce mouvement s'appelle *uniforme*. Ainsi, si par exemple un corps se meut en sorte qu'il parcoure toujours dix pieds pendant chaque seconde, on dit que ce mouvement est uniforme; si un autre corps parcourait vingt pieds par seconde, son mouvement serait aussi uniforme, mais sa vitesse serait deux fois plus grande que la précédente. De ce que je viens de dire sur le mouvement uniforme, il est aisé de comprendre ce que c'est qu'un mouvement qui n'est pas uniforme; car lorsque la vitesse d'un corps n'est pas égale, son mouvement n'est pas uniforme. En particulier, quand la vitesse d'un corps va en augmentant, son mouvement se nomme *accéléré;* et quand elle diminue continuellement, on dit que son mouvement est *retardé*. Dans ce dernier cas, il pourrait arriver que la vitesse diminuât tellement, que le corps serait enfin en repos.

Ces remarques établies sur la vitesse et la direction, je reviens au corps isolé, que je suppose mis en mouvement par quelque cause que ce soit. Lorsqu'il a commencé à se mouvoir, il aura eu une certaine direction et une certaine vitesse; et l'on demande si dans la suite il conservera la même direction et la même vitesse, ou s'il souffrira quelque altération? On ne saurait dire qu'il sera réduit au repos dès le premier instant, car dans ce cas il n'aurait eu aucun mouvement, tout mouvement supposant une durée, quelque petite qu'elle soit.

Or, tant que le mouvement dure, il est certain que la direction demeurera la même : en effet, on ne saurait concevoir pourquoi le corps se détournerait de sa route d'un côté plutôt que d'un autre; donc, puisque rien n'arrive sans raison, il s'ensuit que le corps en question conservera toujours la même direction, ou que son mouvement se fera sur une ligne droite, ce qui est déjà un grand article pour décider la question. De la même manière on soutient aussi que la vitesse du corps dont je parle ne saurait changer, parce qu'il faudrait qu'elle augmentât ou qu'elle diminuât; mais il n'y aurait aucune raison qui pourrait produire un tel changement; d'où l'on conclut que ce corps continuera toujours à se mouvoir avec la même vitesse et suivant la même direction, ou qu'il marchera continuellement suivant une ligne droite sans s'en détourner jamais, et qu'il marchera toujours également vite. Ce mouvement se fera donc toujours sur une ligne droite et avec une égale vitesse, sans jamais être ralenti ou retardé; donc le corps ne sera jamais réduit au repos. Ce que j'ai dit d'un corps, que j'ai supposé seul, arriverait de même à notre monde, si d'autres corps n'y avaient aucune influence, puisque alors il en serait de même que s'ils n'existaient pas. Voilà donc la question résolue : un corps qui est en mouvement conservera toujours ce mouvement avec la même direction et la même vitesse, à moins qu'il ne survienne quelque cause externe, capable de troubler le corps dans la continuation de son mouvement. Donc,

tant qu'un corps n'est pas soumis à l'action de quelque cause externe, il demeurera en repos, s'il a été une fois en repos, ou il sera mû suivant une ligne droite, toujours avec la même vitesse, s'il a été mis une fois en mouvement; et c'est la première et la principale loi de la nature, sur laquelle doit être fondée toute la science du mouvement. De là nous tirons d'abord cette conséquence, que toutes les fois que nous voyons se mouvoir un corps qui était en repos, ou un corps qui se meut selon une ligne courbe, ou dont la vitesse change, il est certain alors qu'une cause externe agit sur ce corps. Aucun changement, ni dans la direction, ni dans la vitesse, ne saurait arriver, sans qu'il soit opéré par une cause externe.

LETTRE V.

(4 novembre 1760.)

De la principale loi du mouvement et du repos, et sur les disputes des philosophes à cet égard.

Quelque solidement établie que soit la vérité de ce principe, que tout corps, étant mis en mouvement, continue à se mouvoir avec la même direction et la même vitesse, à moins qu'il ne survienne quelque cause extérieure qui dérange ce mouvement, elle est néanmoins attaquée par quelques philosophes qui n'ont jamais fait de grands progrès dans la science du mouvement, pendant que ceux

auxquels nous sommes redevables de toutes les grandes découvertes qui ont été faites dans cette science, conviennent unanimement que toutes leurs recherches sont uniquement fondées sur ce principe. Il est combattu par deux sectes de philosophes, dont je vais exposer et réfuter les objections.

Les uns disent que tous les corps ont un penchant naturel pour le repos, que ce repos est leur état naturel, et que le mouvement est pour eux un état violent; de sorte que quand un corps est mis en mouvement, il incline par sa propre nature à retourner à l'état de repos, et qu'il fait des efforts pour arrêter le mouvement, sans y être forcé par quelque cause externe ou étrangère. Ils allèguent en preuve l'expérience, selon eux si convaincante, que nous ne connaissons aucun mouvement dans la nature, où l'on ne remarque très-visiblement cette répugnance naturelle. Ne voyons-nous pas, disent-ils, sur le billard, qu'avec quelque force que nous poussions une bille, son mouvement se ralentit assez promptement, et qu'elle rentre bientôt dans le repos? Une horloge aussi, dès que son mouvement n'est plus entretenu par la force externe dont elle est montée, s'arrête et est en repos. En général, on remarque dans toutes les machines que leur mouvement ne dure pas plus longtemps que les forces externes dont elles sont agitées. De là ils concluent que tant s'en faut qu'un corps mis en mouvement conserve le même mouvement par sa propre nature, qu'il faut

au contraire employer des forces étrangères pour entretenir son mouvement. Si cette conclusion était juste, V. A. comprend bien que notre principe serait renversé de fond en comble, puisque, en vertu de ce principe, la bille et les machines mentionnées, étant une fois mises en mouvement, devraient conserver toujours le même mouvement, à moins que des causes externes n'y occasionnassent quelque changement. Ainsi, dans les expériences rapportées, s'il n'y avait point de causes externes qui arrêtassent le mouvement, nous serions bien obligés d'abandonner notre principe. Mais dès que nous faisons attention à toutes les circonstances, nous rencontrons tant d'obstacles qui s'opposent au mouvement, que nous ne saurions plus être surpris de voir que ces mouvements soient sitôt éteints. En effet, sur le billard, c'est premièrement le frottement qui diminue le mouvement de la bille, qui ne saurait s'avancer sans se frotter sur le drap. Ensuite l'air lui-même, étant une matière, cause aussi quelque résistance capable de diminuer le mouvement des corps : pour s'en convaincre, on n'a qu'à passer fort vite la main par l'air pour sentir cette résistance. De là il est clair que sur le billard c'est le frottement et la résistance de l'air qui s'opposent au mouvement de la bille, et qui la réduisent bientôt au repos. Or, ces causes sont externes, et l'on comprend que sans ces obstacles le mouvement de la bille devrait durer toujours. Il en est de même dans toutes les machines où le frottement qui agit sur les diverses



parties, est si considérable, qu'il est visiblement une cause très-suffisante pour réduire bientôt la machine au repos. Ayant donc découvert les véritables causes qui opèrent, dans les cas allégués, l'extinction du mouvement ; puisque ces causes sont externes et hors du corps qui est en mouvement, il est donc faux que les corps aient de leur nature un penchant pour le repos. Notre principe subsiste donc, et acquiert même par les objections susmentionnées de nouvelles forces : tout corps conserve donc toujours le même mouvement qu'il a une fois reçu, à moins que des causes étrangères ne surviennent, et n'en changent la direction ou la vitesse, ou toutes les deux à la fois. Nous voilà donc délivrés d'une partie de ces adversaires qui attaquaient notre principe.

Les autres sont plus à craindre, puisque ce sont les fameux philosophes wolfiens (1). Ils ne se déclarent pas ouvertement contre notre principe, pour lequel même ils témoignent beaucoup de res-

(1) Il est remarquable qu'Euler, dans ce livre destiné en grande partie à combattre la philosophie leibnitzienne, ne prononce jamais ou presque jamais le nom de Leibnitz. Tout est mis sur le compte de Wolf et des *Wolfiens*. Les attaques d'Euler sont quelquefois passionnées et injustes ; mais à l'époque où il écrivait ces lettres, une réaction s'opérait en Allemagne contre le leibnitzianisme, et Kant préludait à l'exposition d'une nouvelle doctrine avec laquelle Euler, par la tournure de son esprit, eût encore moins sympathisé. Aujourd'hui personne ne lit les compilations systématiques de Wolf, et les amis de la philosophie continueront d'admirer, dans les écrits de Leibnitz, les puissantes conceptions du plus vaste génie des temps modernes.

pect; mais ils avancent d'autres principes qui lui sont directement contraires. Ils soutiennent que tout corps, en vertu de sa propre nature, fait des efforts continuels pour changer son état; c'est-à-dire que lorsqu'il est en repos il fait des efforts pour se mouvoir; et que s'il est en mouvement, il fait des efforts pour changer continuellement de vitesse et de direction. Ils n'allèguent rien en preuve de ce sentiment, si ce n'est quelque raisonnement creux, tiré de leur métaphysique, dont j'aurai l'occasion de parler un jour à V. A. Je remarque ici seulement que ce sentiment est contredit par le principe que nous avons si solidement établi, et par l'expérience, qui est parfaitement d'accord avec ce principe. En effet, s'il est vrai qu'un corps en repos demeure, en vertu de sa nature, dans cet état, il est sans doute faux qu'il fasse, en vertu de sa nature, des efforts continuels pour changer d'état. De même, s'il est vrai qu'un corps en mouvement conserve, en vertu de sa nature, ce mouvement avec la même direction et la même vitesse, il est absolument faux que ce même corps, en vertu de sa nature, fasse des efforts continuels pour changer son mouvement. Donc ces philosophes, en voulant soutenir en même temps le vrai principe du mouvement, et leur sentiment absurde, se contredisent eux-mêmes, et renversent par là leur propre système de philosophie. Il demeure donc incontestable que notre principe est le plus solidement fondé dans la nature même des corps, et que tout ce qui lui est contraire doit être banni de

la véritable philosophie; et ce même principe nous met en état de purger la philosophie de quantité d'illusions. Or, on énonce communément ce principe par deux propositions, dont l'une porte, *qu'un corps étant une fois en repos, demeure éternellement en repos, à moins qu'il ne soit mis en mouvement par quelque cause externe ou étrangère.* L'autre proposition porte, *qu'un corps étant une fois en mouvement, conservera toujours éternellement ce mouvement avec la même direction et la même vitesse, ou bien sera porté d'un mouvement uniforme suivant une ligne droite, à moins qu'il ne soit troublé par quelque cause externe ou étrangère.* C'est en ces deux propositions que consiste le fondement de toute la science du mouvement, qu'on nomme mécanique.

LETTRE VI.

(8 novembre 1760.)

Sur l'inertie des corps et sur les forces.

Comme on dit qu'un corps, tant qu'il est en repos, demeure aussi dans le même état, on dit aussi d'un corps en mouvement, qu'autant qu'il se meut avec la même vitesse et selon la même direction, il demeure dans le même état. Ainsi demeurer dans le même état ne signifie autre chose que rester en repos, ou conserver le même mouvement. Cette manière de parler s'est introduite, pour énoncer

plus succinctement notre grand principe, que tout corps, en vertu de sa nature, se conserve dans le même état, jusqu'à ce qu'une cause étrangère vienne troubler cet état, c'est-à-dire, ou de mettre le corps en mouvement lorsqu'il est en repos, ou de changer son mouvement. Il ne faut pas s'imaginer que la conservation d'état, dans un corps, renferme la demeure au même lieu : cela arrive bien lorsque le corps est en repos; mais lorsqu'il se meut avec la même vitesse et selon la même direction, on dit également qu'il demeure dans le même état, quoiqu'il change de lieu à tout moment. Cette remarque est nécessaire, pour ne pas confondre le changement de lieu avec le changement d'état. Si l'on demande à présent pourquoi les corps demeurent dans le même état, il faut dire que cela arrive en vertu de leur propre nature. Tous les corps, en tant qu'ils sont composés de matière, ont nécessairement cette propriété de demeurer dans le même état, à moins qu'ils n'en soient détournés par quelque cause externe. C'est là donc une propriété fondée dans la nature des corps, par laquelle ils tâchent de se conserver dans le même état, soit que ce soit l'état de repos ou de mouvement. Cette qualité dont tous les corps sont doués, et qui leur est essentielle, se nomme *inertie*, et convient aussi nécessairement à tous les corps que l'étendue et l'impénétrabilité; de sorte qu'il serait impossible qu'il y eût un corps sans inertie. Ce terme d'*inertie* a d'abord été introduit dans la philosophie, par ceux qui soutenaient que tout corps avait un pen-

chant pour le repos. Ils envisageaient les corps comme des hommes paresseux, qui préfèrent le repos au travail, et attribuaient aux corps une horreur pour le mouvement, semblable à celle que les hommes paresseux ont pour le travail, le terme d'inertie signifiant à peu près la même chose que celui de paresse. Mais quoiqu'on ait depuis reconnu la fausseté de ce sentiment, et que les corps se soutiennent également dans leur état de mouvement comme dans celui de repos, on a retenu le même mot d'inertie, pour marquer en général la propriété de tous les corps de se conserver dans le même état, soit de repos, soit de mouvement. On ne saurait donc concevoir l'inertie, sans une répugnance pour tout ce qui tendrait à faire changer le corps d'état; car puisqu'un corps, en vertu de sa nature, conserve le même état tant de mouvement que de repos, et qu'il n'en saurait être détourné que par des causes externes, il s'ensuit que, pour qu'un corps change d'état, il faut qu'il y soit forcé par quelque cause étrangère, et que sans cela il demeurerait toujours dans le même état. De là vient qu'on donne à cette cause externe le nom de *force* : c'est un terme dont on se sert communément, quoique beaucoup de ceux qui l'emploient n'en aient qu'une idée fort imparfaite. V. A. verra, par ce que je viens de dire, que le nom de force signifie tout ce qui est capable de changer l'état des corps. Ainsi, quand un corps, qui a été en repos, est mis en mouvement, c'est une force qui a produit cet effet; et quand un corps en mouvement

change ou de direction ou de vitesse, c'est aussi une force qui a causé ce changement. Tout changement de direction ou de vitesse dans le mouvement d'un corps demande ou une augmentation, ou une diminution des forces. Ces forces sont donc toujours hors du corps dont l'état est changé, attendu que nous avons vu qu'un corps abandonné à lui-même conserve toujours le même état, à moins qu'une force de dehors n'agisse sur lui. Or, l'inertie par laquelle le corps tend à se conserver dans le même état existe dans le corps même, et en est une propriété essentielle. Donc, lorsqu'une force externe change l'état de quelque corps, l'inertie, qui voudrait le maintenir dans le même état, s'oppose à l'action de la force; et de là on comprend que l'inertie est une qualité susceptible de mesure, ou que l'inertie d'un corps peut être plus grande ou plus petite que celle d'un autre corps. Or, les corps sont doués d'inertie, en tant qu'ils renferment de la matière. C'est même de l'inertie, ou de la résistance qu'ils opposent à tout changement d'état, que nous jugeons de la quantité de matière d'un corps; et de là l'inertie d'un corps est d'autant plus grande, qu'il contient plus de matière. Aussi savons-nous qu'il faut plus de force pour changer l'état d'un grand corps que d'un petit; et c'est de là que nous jugeons que le grand corps contient plus de matière que le petit. On peut même dire que cette seule circonstance, c'est-à-dire l'inertie, nous rend sensible la matière. Il est donc clair que l'inertie est une quantité, et qu'elle est la même que la quantité de ma-

tière qu'un corps contient : et puisqu'on nomme aussi la quantité de matière d'un corps sa *masse*, la mesure de l'inertie est la même que la mesure de la masse. Voilà donc à quoi se réduit notre connaissance des corps en général. Premièrement, nous savons que tous les corps ont une étendue à trois dimensions; en second lieu, qu'ils sont impénétrables : et de là résulte la propriété générale de tous les corps, connue sous le nom d'inertie, par laquelle les corps se conservent dans leur état; c'est-à-dire que quand un corps est en repos, c'est par son inertie qu'il demeure en repos; et que quand il est en mouvement, c'est aussi par son inertie qu'il continue à se mouvoir avec la même vitesse et selon la même direction; et cette conservation du même état dure jusqu'à ce qu'il survienne une force extérieure qui y cause quelque changement. Toutes les fois que l'état d'un corps est changé, il n'en faut jamais chercher la cause dans le corps même; elle existe toujours hors du corps, et c'est la juste idée qu'on doit se former d'une force.

LETTRE VII.

(11 novembre 1760.)

Sur les changements qui peuvent arriver dans l'état des corps.

Le principe fondamental de la mécanique, avec l'idée de l'inertie, que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A., nous met en état de raisonner solidement

sur quantité de phénomènes qui se présentent dans la nature. En voyant un corps en mouvement, qui marcherait uniformément selon une ligne droite, c'est-à-dire qui conserverait la même direction et la même vitesse, nous dirions que la cause de cette continuation de mouvement ne se trouve pas hors du corps, mais qu'elle est renfermée dans la nature même du corps, et que c'est en vertu de son inertie qu'il demeure dans le même état; tout comme, si le corps était en repos, nous dirions que cela se fait en vertu de son inertie. Nous aurions aussi raison de dire que ce corps n'éprouve l'action d'aucune force externe, ou que s'il y en avait, ces forces se détruisent les unes les autres, de sorte qu'il en serait de même que s'il n'y en avait point. Donc, si l'on demandait pourquoi ce corps continue à se mouvoir de cette manière, la réponse n'aurait aucune difficulté; mais si l'on demandait pourquoi ce corps avait commencé à se mouvoir ainsi, la question serait tout à fait différente. Il faudrait dire que ce mouvement lui a été imprimé par quelque force externe, supposé qu'il fût auparavant en repos; mais il ne serait pas possible de rien assurer sur la quantité de cette force, puisque peut-être il n'en reste plus aucune marque. C'est donc une question assez ridicule, que de demander qui a imprimé le mouvement à chaque corps au commencement du monde? ou qui était le premier moteur? Ceux qui font cette question avouent donc un commencement, et conséquemment une création; et ils s'imaginent que Dieu a créé tous les corps en repos. Or, on leur peut



répondre que celui qui a créé tous les corps a pu leur imprimer aussi le mouvement. Je leur demande plutôt, à mon tour, s'ils croient plus facile de créer un corps en repos, que de le créer d'abord en mouvement. L'un et l'autre demandent également la toute-puissance de Dieu, et cette question n'est plus du ressort de la philosophie. Mais dès qu'un corps a reçu un mouvement, il se conserve par sa propre nature, ou par son inertie, dans le même état dans lequel il doit demeurer inaltérablement, tant qu'il n'est point troublé par quelque cause étrangère, ou par une force. Donc, toutes les fois que nous voyons qu'un corps ne demeure pas dans le même état, c'est-à-dire, ou qu'un corps en repos commence à se mouvoir, ou qu'un corps en mouvement change de direction ou de vitesse, nous devons dire que ce changement a sa cause hors du corps, et est causé par une force étrangère. Ainsi, puisqu'une pierre, que je lâche de la main, tombe en bas, la cause de cette chute est étrangère au corps, et ce n'est pas par sa propre nature que le corps tombe; c'est une force étrangère, et la même qu'on nomme la *gravité*: donc, la gravité n'est pas une propriété intrinsèque des corps; elle est plutôt l'effet d'une force étrangère, dont il faut chercher la source hors du corps. Cela est géométriquement certain, quoique nous ne connaissions point ces forces étrangères qui causent la gravité. Il en est de même quand on jette la pierre; on voit bien que la pierre ne se meut pas par une ligne droite, ni que sa vitesse demeure toujours la même. C'est aussi cette force

étrangère de la gravité qui change dans le corps sans cesse tant sa direction que sa vitesse; sans la gravité, la pierre volerait suivant une ligne droite toujours avec la même vitesse; et si la gravité s'évanouissait subitement pendant le mouvement de la pierre, elle continuerait à se mouvoir uniformément selon une ligne droite, et elle conserverait la même direction et la même vitesse qu'elle aurait eue à l'instant où la gravité a cessé d'agir. Mais puisque la gravité dure toujours, et qu'elle agit sur tous les corps, on ne doit pas être surpris qu'on ne rencontre point de mouvement où la direction et la vitesse demeurent les mêmes; le cas du repos peut bien avoir lieu quand on tient un corps si fort qu'il le faut pour empêcher la chute; c'est ainsi que le plancher de ma chambre me soutient, et empêche que je ne tombe dans la cave. Mais aussi les corps qui nous paraissent en repos sont emportés par le mouvement de la terre, lequel n'étant ni rectiligne ni uniforme, on ne saurait dire que ces corps demeurent dans le même état. Aussi parmi les corps célestes il ne s'en trouve aucun qui se meuve en ligne droite, et toujours avec la même vitesse : donc, ils changent continuellement leur état, et même les forces qui causent ce changement continuel ne nous sont pas inconnues; ce sont les forces attractives dont les corps célestes agissent les uns sur les autres. J'ai déjà remarqué que ces forces pourraient bien être causées par la matière subtile qui environne tous les corps célestes en remplissant tout l'espace du ciel; mais aussi, suivant le senti-



ment de ceux qui regardent l'attraction comme une force inhérente à la matière, cette force est toujours étrangère au corps sur lequel elle agit. Ainsi, quand on dit que la terre est attirée vers le soleil, on avoue que la force qui agit sur la terre ne réside pas dans la terre même, mais qu'elle a sa source dans le soleil; puisqu'en effet, si le soleil n'existait pas, cette force serait nulle. Cependant ce sentiment, que l'attraction est essentielle à toute matière, est assujetti à tant d'autres inconvénients, qu'il n'est pas presque possible de lui accorder une place dans une philosophie raisonnable. Il vaut toujours mieux de croire que ce qu'on nomme *attraction* est une force renfermée dans la matière subtile qui remplit tout l'espace du ciel, quoique nous n'en sachions pas la manière. Il faut s'accoutumer à avouer son ignorance sur quantité d'autres choses importantes.

LETTRE VIII.

(15 novembre 1760.)

Sur le système wolfien des monades.

Ayant fait sentir à V. A. la vérité nécessaire du principe que tous les corps par eux-mêmes se conservent toujours dans le même état, tant de repos que de mouvement, je remarque que si l'on consultait là-dessus la seule expérience, sans approfondir les choses par le raisonnement, on devrait

conclure précisément le contraire, et soutenir que tous les corps ont un penchant à changer continuellement d'état; puisque nous n'observons dans le monde que de tels cas où l'état des corps est continuellement changé. Mais nous venons de remarquer les causes qui produisent ces changements, et nous savons qu'elles ne se trouvent pas dans les corps dont l'état est changé, mais hors d'eux; d'où il s'en faut d'autant plus, que le principe que nous avons établi soit contredit par l'expérience, qu'il en est plutôt confirmé. De là V. A. jugera facilement combien se trompent plusieurs grands philosophes, qui, séduits par cette expérience mal entendue, soutiennent que tous les corps sont doués de forces qui les font changer continuellement leur état. C'est ainsi que le grand Wolf a raisonné. Il disait : 1° L'expérience nous fait voir que tous les corps changent perpétuellement d'état; 2° or, tout ce qui est capable de changer l'état d'un corps est appelé une force; 3° donc, tous les corps sont doués d'une force de changer leur état; 4° donc, chaque corps fait des efforts continuels pour changer son état; 5° or, cette force ne convient aux corps qu'en tant qu'ils renferment de la matière; 6° donc, c'est une propriété de la matière de changer continuellement son propre état; 7° or, la matière est un composé d'une multitude de parties qu'on nomme les éléments de la matière; 8° donc, puisque le composé ne saurait rien avoir qui ne soit fondé dans la nature de ses éléments, il faut que chaque élément soit doué d'une force de changer son pro-

pre état. Ces éléments sont des êtres simples; car s'ils étaient encore composés de parties, ils ne seraient pas encore des éléments, mais leurs parties le seraient. Or, un être simple est aussi nommé une *monade;* donc, chaque monade a une force de changer continuellement son état. Voilà l'établissement du système des monades, dont peut-être V. A. a déjà entendu parler, quoiqu'il ne fasse plus tant de bruit qu'autrefois; et j'ai désigné par chiffres les propositions sur lesquelles il est fondé, pour pouvoir mieux y rapporter mes réflexions. D'abord, sur les deux premières il n'y a trop rien à dire; mais la troisième est fort équivoque, et, dans le sens où on la prend, elle est tout à fait fausse.

Sans vouloir dire que les forces qui changent l'état des corps proviennent de quelque esprit, je tombe volontiers d'accord que les forces dont l'état de chaque corps est changé subsistent dans les corps, mais bien entendu dans d'autres corps, et jamais dans celui qui souffre le changement d'état, celui-ci ayant plutôt une qualité contraire, qui est de se conserver dans le même état. Donc, en tant que ces forces subsistent dans ces corps, on devrait dire que les corps, en tant qu'ils se trouvent en certaines liaisons entre eux, peuvent fournir des forces par lesquelles l'état d'un autre corps est changé. De là la proposition quatrième est absolument fausse; et de tout ce qui précède il s'ensuit plutôt que tout corps est doué d'une force de demeurer dans le même état, ce qui est précisément le contraire de ce que les philosophes en ont conclu. Or, je dois

remarquer ici que c'est fort mal à propos nommer force cette qualité des corps par laquelle ils demeurent dans leur état; car si l'on comprend sous le mot de force tout ce qui est capable de changer l'état d'un corps, la qualité par laquelle les corps se conservent dans leur état est plutôt le contraire d'une force. C'est donc par abus que quelques auteurs donnent le nom de force à l'inertie, qui est cette qualité, et qu'ils la nomment la force d'inertie. Mais, pour ne pas disputer sur les termes, quoique cet abus puisse précipiter dans des erreurs fort grossières, je retourne au système des monades; et puisque la proposition nº 4 est fausse, les suivantes qui en découlent immédiatement sont aussi nécessairement fausses; donc, il est faux aussi que les éléments de matière, ou les monades, s'il y en a, soient pourvues d'une force de changer leur état. Le contraire doit plutôt être vrai, qu'elles ont la qualité de se conserver dans le même état; et par là tout le système des monades est entièrement renversé. Ils voulaient par là ramener les éléments de matière dans la classe des êtres, qui comprend les esprits et les âmes, qui ont sans contredit une faculté de changer d'état; car, par exemple, pendant que j'écris, mon âme se représente continuellement d'autres objets, et ces changements sont fondés dans mon âme même, et nullement hors d'elle. Je n'en suis que trop convaincu, et je suis même le maître de mes pensées; pendant que tous les changements qui arrivent dans un corps sont produits par une force étrangère. Que V. A. ajoute encore à ceci la diffé-

rence infinie qui se trouve entre l'état d'un corps, lequel ne renferme qu'une vitesse et une direction, et les pensées d'une âme; et elle sera entièrement convaincue de la fausseté des sentiments des matérialistes, qui prétendent qu'un esprit n'est qu'un certain mélange de quelque matière. Ces sortes de gens n'ont aucune connaissance de la véritable nature des corps; cependant presque tous les esprits forts adoptent ce sentiment faux.

LETTRE IX.

(18 novembre 1760.)

Sur l'origine et la nature des forces.

Il est sans doute fort surprenant que, pendant que chaque corps a une disposition naturelle à se conserver dans le même état, et à s'opposer même à tout changement, tous les corps du monde néanmoins changent perpétuellement leur état. Nous savons bien que ce changement ne saurait arriver sans une force qui a son existence hors du corps dont l'état est changé ; mais où faut-il donc chercher toutes les forces qui opèrent ces changements continuels dans tous les corps du monde, et qui soient encore étrangères au corps? Faudra-t-il donc supposer, outre les corps qui sont dans le monde, encore des êtres particuliers qui contiennent ces forces; ou les forces mêmes seraient-elles des subs-

tances particulières existantes dans le monde ? Nous ne connaissons que deux espèces d'êtres qui existent dans le monde, dont l'une comprend tous les corps, et l'autre tous les corps intellectuels, savoir, les esprits et les âmes des hommes avec celles des bêtes : faudrait-il donc, outre les corps et les esprits, établir dans le monde encore une troisième espèce d'êtres qui seraient les forces ? ou serait-ce les esprits qui changent continuellement l'état des corps ? L'un et l'autre renferment trop d'inconvénients pour qu'on y puisse acquiescer. Car, quoiqu'on ne puisse nier que les âmes des hommes et des bêtes aient un pouvoir de produire des changements dans leurs corps, il serait pourtant absurde de soutenir que le mouvement d'une bille sur le billard fût retardé et réduit au repos par quelque esprit; ou que la gravité fût opérée par un esprit qui pousserait sans cesse les corps en bas; ou que les corps célestes, en tant qu'ils changent, dans leur mouvement, de direction et de vitesse, soient soumis à l'action des esprits, comme portait le sentiment de quelques philosophes de l'antiquité, qui ont assigné à chaque corps céleste un esprit ou un ange qui le conduisît dans sa route. Or, en raisonnant solidement sur les phénomènes du monde, il faut convenir qu'à l'exception des corps animés, c'est-à-dire des hommes et des bêtes, tous les changements d'état qui arrivent aux autres corps sont produits par des causes corporelles, auxquelles les esprits n'ont aucune part. Toute la question se réduit donc à examiner si les forces

qui changent l'état des corps existent à part, et constituent une espèce particulière d'êtres, ou si elles existent dans les corps. Ce dernier sentiment paraît d'abord fort étrange; car si tous les corps ont un pouvoir de se conserver dans le même état, comment serait-il possible qu'ils renfermassent en même temps des forces qui tendent à changer cet état? En bien pesant toutes ces difficultés, V. A. ne sera pas surprise que l'origine des forces a de tout temps été la pierre d'achoppement de tous les philosophes. Tous l'ont regardée comme le plus grand mystère dans la nature, qui demeurera toujours caché à la pénétration des mortels. Cependant j'espère de présenter à V. A. une explication si claire de ce prétendu mystère, que toutes les difficultés qui ont paru insurmontables jusqu'ici s'évanouiront entièrement. Je dis donc (ce qui paraîtra bien étrange) que la même faculté des corps, par laquelle ils s'efforcent de se conserver dans le même état, est capable de fournir des forces qui changent l'état des autres. Je ne dis pas qu'un corps change jamais son propre état, mais qu'il peut devenir capable de changer l'état d'un autre corps. Pour mettre V. A. en état d'approfondir ce mystère sur l'origine des forces, il suffira de considérer deux corps (*fig.* 38), comme s'ils existaient seuls au monde.

Que le corps A soit en repos, et que le corps B ait reçu un mouvement suivant la direction BA avec une certaine vitesse. Cela posé, le corps A voudrait toujours rester en repos, et le corps B voudrait continuer son mouvement selon la ligne

droite AB, toujours avec la même vitesse, et l'un et l'autre en vertu de son inertie. Il arrivera donc que le corps B parviendra à toucher le corps A; mais alors qu'arrivera-t-il? Tant que le corps A reste en repos, le corps B ne saurait continuer son mouvement sans passer à travers du corps A, c'est-à-dire, sans le pénétrer; donc, il est impossible que l'un et l'autre corps se conserve dans son état sans se pénétrer l'un l'autre. Mais il est impossible qu'une telle pénétration se fasse, l'impénétrabilité étant une propriété absolument nécessaire à tous les corps; donc, puisqu'il est impossible que l'un et l'autre corps se conserve dans son état, il faut absolument, ou que le corps A commence à se mouvoir pour faire place au corps B, afin qu'il puisse continuer son mouvement, ou que le corps B étant parvenu à toucher le corps A, soit subitement réduit au repos, ou que l'état de tous les deux soit changé autant qu'il le faut, pour que l'un et l'autre puisse ensuite demeurer dans son état sans se pénétrer mutuellement. Il faut donc absolument que l'un ou l'autre corps, ou que tous les deux, souffrent un changement dans leur état; et la raison ou la cause de ce changement existe infailliblement dans l'impénétrabilité des corps mêmes: donc, puisque toute cause capable de changer l'état des corps est nommée force, c'est nécessairement l'impénétrabilité des corps mêmes qui fournit les forces qui changent leur état. En effet, puisque l'impénétrabilité renferme une impossibilité que les corps se pénètrent mu-

tuellement, chaque corps s'oppose à toute pénétration, quand même elle ne serait que dans les moindres parties; or, s'opposer à la pénétration, n'est autre chose que de déployer les forces nécessaires pour prévenir la pénétration; donc, toutes les fois que deux ou plusieurs corps ne sauraient se conserver dans leur état sans se pénétrer mutuellement, alors leur impénétrabilité déploie toujours les forces nécessaires pour changer leur état, autant qu'il le faut pour qu'il n'arrive aucune pénétration. C'est donc l'impénétrabilité des corps qui renferme la véritable origine des forces qui changent continuellement l'état des corps en ce monde; et c'est le vrai dénoûment du grand mystère qui a tant tourmenté les philosophes.

LETTRE X.

(22 novembre 1760.)

Sur le même sujet, et sur le principe de la moindre action.

V. A. vient de faire un très-grand pas dans la connaissance de la nature, par l'explication de la vraie origine des forces capables de changer l'état des corps; et maintenant elle peut comprendre aisément pourquoi tous les corps de ce monde sont assujettis à des changements continuels dans leur état, tant de repos que de mouvement. D'abord il est certain que tout le monde est rempli

de matière. Nous savons qu'ici-bas tout l'espace qui se trouve entre les corps grossiers que nous pouvons toucher est occupé par l'air, et que quand on tire l'air de quelque espace, c'est l'éther qui succède d'abord à l'air ; et que ce même éther remplit aussi tout l'espace du ciel entre les corps célestes. Donc, tout étant ainsi plein, il est impossible qu'un corps en mouvement continue ce mouvement pendant même un instant, sans rencontrer d'autres corps à travers desquels il devrait passer, s'ils n'étaient pas impénétrables. Donc, puisque cette impénétrabilité des corps déploie toujours et partout des forces pour prévenir toute pénétration, ces mêmes forces doivent continuellement changer l'état des corps ; d'où il n'est rien moins que surprenant que nous observions des changements continuels dans l'état des corps, nonobstant que chaque corps fasse des efforts pour se maintenir dans le même état. Si les corps se laissaient pénétrer librement, rien n'empêcherait que chacun d'eux ne demeurât persévéramment dans son état ; mais dès que les corps sont impénétrables, il doit nécessairement résulter des forces suffisantes pour prévenir toute pénétration ; et même ces forces n'en résultent, qu'en tant qu'il s'agit d'empêcher que les corps ne se pénètrent mutuellement. Quand les corps peuvent continuer leur état sans apporter aucune atteinte à l'impénétrabilité, alors l'impénétrabilité n'exerce aussi aucune force, et les corps restent actuellement dans leur état ; et c'est pour prévenir la pénétration que l'impénétrabilité

devient active, et fournit des forces suffisantes pour cet effet. Ainsi, quand une petite force est suffisante pour empêcher la pénétration, l'impénétrabilité ne déploie que cette petite force; mais aussi, quelque grande que soit la force requise pour éviter la pénétration, l'impénétrabilité est toujours en état de la fournir. Donc, quoique l'impénétrabilité fournisse ces forces, on ne saurait dire qu'elle soit douée d'une force déterminée; elle est plutôt en état de fournir toutes sortes de forces, tant grandes que petites, selon que les circonstances l'exigent; et elle en est même une source inépuisable. Tant que les corps sont doués de l'impénétrabilité, cette source ne saurait jamais tarir : il faut absolument, ou que ces forces soient excitées, ou que les corps se pénètrent, ce qui serait contraire à la nature. Il faut aussi remarquer que ces forces ne sont jamais l'effet de l'impénétrabilité d'un seul corps; elles résultent toujours de celle de tous les corps à la fois; car, pourvu que l'un des deux corps soit pénétrable, la pénétration se pourrait faire, et il n'y aurait pas besoin de force pour changer l'état des corps. Donc, quand deux corps concourent ensemble, de sorte que tous les deux ne sauraient demeurer dans leur état sans se pénétrer, l'impénétrabilité de tous les deux s'oppose également à la pénétration; et c'est par ces deux conjointement qu'est engendrée la force nécessaire pour empêcher la pénétration : dans ce cas, on dit que ces deux corps agissent l'un sur l'autre, et la force engendrée de leur impénétrabilité opère

l'action qu'ils exercent l'un sur l'autre. Cette force agit aussi sur tous les deux corps à la fois; car, comme ils voudraient se pénétrer mutuellement, elle repousse l'un et l'autre, et empêche par là leur pénétration. Il est donc certain que les corps peuvent agir les uns sur les autres; et on parle si souvent de l'action des corps, comme quand deux billes sur le billard se choquent, on dit que l'une agit sur l'autre, que cette manière de parler ne saurait être inconnue à V. A. Mais il faut bien remarquer que, en général, les corps n'agissent les uns sur les autres qu'en tant que leur impénétrabilité souffre; et de là il résulte une force capable de changer l'état de chaque corps, autant précisément qu'il le faut pour qu'aucune pénétration n'arrive, de sorte qu'une moindre force ne serait pas suffisante pour produire cet effet. Il est bien vrai qu'une plus grande force empêcherait aussi la pénétration; mais dès qu'il n'y a plus de danger que les corps se pénètrent, leur impénétrabilité cesse d'agir : d'où l'on voit qu'il n'en résulte que la plus petite force qui soit encore capable de prévenir la pénétration. Donc, puisque la force est la plus petite, l'effet qu'elle produit, c'est-à-dire le changement d'état qui en est opéré, sera aussi le plus petit possible pour empêcher la pénétration; et conséquemment, quand deux ou plusieurs corps concourent ensemble, de sorte que chacun ne saurait demeurer dans son état sans pénétrer les autres, il y arrive une action mutuelle, et cette action est toujours la plus petite qui soit encore capable

d'empêcher la pénétration. C'est donc ici que V. A. trouvera, contre toute attente, le fondement du système de feu M. de Maupertuis, tant vanté et tant contesté. Son principe est celui *de la moindre action*, par lequel il prétend que, dans tous les changements qui arrivent dans la nature, l'action qui les opère est toujours la plus petite qui soit possible. De la manière que j'ai l'honneur de présenter ce principe à V. A., il est évident qu'il est parfaitement fondé dans la nature même des corps, et que ceux qui le nient ont grand tort, mais pas tant encore que ceux qui s'en moquent. V. A. aura peut-être déjà remarqué que certaines personnes, qui ne sont pas trop amies de M. de Maupertuis, saisissent toutes les occasions pour se moquer du principe de la moindre action, de même que du trou jusqu'au centre de la terre; mais heureusement la vérité n'y souffre rien (1).

LETTRE XI.

(25 novembre 1760.)

Sur la question : S'il y a encore d'autres espèces de forces?

L'origine des forces, fondée sur l'impénétrabilité des corps, que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A., ne détruit pas le sentiment de ceux qui soutiennent que les âmes des hommes et des bêtes ont un pou-

(1) Allusion aux plaisanteries de Voltaire.

voir d'agir sur leur corps. Rien n'empêche qu'il n'y ait deux espèces de forces qui causent tous les changements dans le monde. L'une est celle des forces corporelles qui tirent leur origine de l'impénétrabilité des corps; et l'autre, celle des forces spirituelles que les âmes des animaux exercent sur leur corps: mais cette espèce se borne uniquement aux corps animés, que le Créateur a si bien distingués des autres corps, qu'il n'est pas permis de les confondre dans la philosophie. Mais pour l'attraction, en tant qu'on la regarde comme une qualité intrinsèque des corps, elle en reçoit un coup fort rude; car si les corps n'agissent les uns sur les autres que pour maintenir leur impénétrabilité, l'attraction ne saurait être rapportée à ce cas. Deux corps éloignés l'un de l'autre peuvent conserver chacun son état, sans que leur impénétrabilité y soit intéressée; et, par conséquent, il n'y a aucune raison pour que l'un agisse sur l'autre, et cela même en l'attirant à soi. En tout cas, l'attraction devrait être rapportée à une troisième espèce de forces, qui ne seraient ni corporelles ni spirituelles. Or, il est toujours contre les règles d'une philosophie raisonnable d'y introduire une nouvelle espèce de forces, avant que leur existence soit incontestablement démontrée. Pour cet effet, il faudrait avoir prouvé, sans réplique, que les forces dont les corps s'attirent mutuellement ne sauraient tirer leur origine de la matière subtile qui environne tous les corps; mais personne n'a encore prouvé cette impossibilité. Il semble plutôt que le Créateur ait rempli exprès tous les espaces du ciel avec une

matière subtile, pour donner naissance à ces forces qui poussent les corps les uns vers les autres, et cela conformément à la loi établie ci-dessus sur l'impénétrabilité des corps. En effet, la matière subtile pourrait bien avoir un mouvement tel, qu'un corps qui s'y trouve ne saurait conserver son état sans en être pénétré; et, dans ce cas, il faudrait bien qu'une telle force fût engendrée de l'impénétrabilité, tant de la matière subtile que du corps même. S'il y avait un seul cas au monde où deux corps s'attirent sans que l'espace entre eux fût rempli d'une matière subtile, il faudrait bien admettre la réalité de l'attraction; mais ce cas n'existe point, et, par conséquent, on a raison d'en douter, et même de la rejeter. Nous ne connaissons donc que deux sources de toutes les forces qui opèrent ces changements, savoir, l'impénétrabilité des corps et l'action des esprits. Les sectateurs de Wolf rejettent aussi cette dernière, et soutiennent qu'aucun esprit ou substance immatérielle ne peut agir sur un corps; et ils sont fort embarrassés quand on leur dit que, selon eux, Dieu même, étant un esprit, n'aurait pas le pouvoir d'agir sur les corps; ce qui sentirait fort l'athéisme. Aussi n'y donnent-ils que cette réponse bien froide, que c'est à cause de l'infinité que Dieu peut agir sur les corps : mais s'il est impossible à un esprit, en tant qu'il est esprit, d'agir sur les corps, cette impuissance rejaillit nécessairement sur Dieu même. Ensuite, qui pourrait nier que notre âme n'agisse sur notre corps? Je suis tellement le maître de mes membres, que je puis les mettre en action selon mon

gré. La même chose peut se dire aussi des bêtes : et comme on a raison de se moquer des sentiments de Descartes, que toutes les bêtes ne sont que des machines semblables à une montre, sans aucun sentiment, les Wolfiens font des hommes mêmes de simples machines.

Or, ces mêmes philosophes, dans leurs spéculations, vont jusqu'à nier aussi la première espèce de forces, dont ils ne connaissent rien du tout. Car, ne pouvant comprendre comment un corps agit sur un autre, ils en nient l'action hardiment, et soutiennent que tous les changements qui arrivent dans un corps sont causés par les propres forces de ce même corps. Ce sont les mêmes philosophes, dont j'ai eu l'honneur de parler à V. A., qui nient le premier principe de la mécanique sur la conservation du même état ; ce qui suffit pour renverser tout leur système. La raison de leur égarement est, comme je l'ai déjà remarqué, qu'ils ont mal commencé à raisonner sur les phénomènes que les corps du monde nous présentent. De ce qu'on voit que presque tous les corps changent continuellement leur état, ils en ont conclu, par précipitation, que tous les corps renferment en eux-mêmes des forces par lesquelles ils s'efforcent à changer leur état sans cesse ; au lieu qu'ils en auraient dû conclure le contraire. C'est ainsi qu'en ne considérant les choses que superficiellement, on se précipite dans les erreurs les plus grossières. J'ai déjà fait sentir à V. A. le défaut de ce raisonnement; mais ayant une fois commis cette faute, ils se sont livrés à des sentiments les plus absurdes. D'abord,

ils ont transféré ces forces internes aux premiers éléments de la matière, qui, selon eux, font des efforts continuels pour changer leur état; et de là ils ont conclu que tous les changements auxquels chaque élément est assujetti sont produits par sa propre force, et que deux éléments, ou êtres simples, ne sauraient agir l'un sur l'autre. Cela posé, puisque les esprits sont aussi des êtres simples, il fallait les dépouiller de tout pouvoir d'agir sur les corps; pourtant ils en excluent Dieu : et ensuite, puisque les corps sont composés d'êtres simples, ils étaient obligés aussi de nier que les corps puissent agir les uns sur les autres. On avait beau leur objecter le cas des corps qui se choquent, et le changement de leur état qui en est une suite, ils sont trop entêtés de la solidité de leur raisonnement pour l'abandonner; ils aiment mieux dire que chaque corps, par sa propre nature, opère le changement qui lui arrive, et que le choc n'y fait rien; que ce n'est qu'une illusion qui nous fait croire que le choc en est la cause. De là ils se vantent beaucoup de la sublimité de leur philosophie, que le vulgaire ne saurait comprendre. V. A. est à présent en état d'en porter un jugement très-juste.

LETTRE XII.

(29 novembre 1760.)

Sur la nature des esprits.

J'espère que V. A. sera convaincue de la solidité des raisonnements par lesquels j'ai établi la connaissance des corps et des forces qui en changent l'état. Tout est fondé sur des expériences les mieux constatées, et sur des principes dictés par la raison. Rien ne s'y trouve de choquant, ou qui soit contredit par d'autres principes également certains. Ce n'est que depuis peu de temps qu'on a réussi dans ces recherches; auparavant on s'est formé des idées si étranges sur la nature des corps, qu'on leur a attribué toutes sortes de forces, dont les unes devaient nécessairement détruire les autres.

Les forces des éléments de matière, qui tendent à changer continuellement leur état, en fournissent un exemple bien remarquable, sans parler de la force attractive, que quelques-uns regardent comme une qualité essentielle de la matière.

Quelques-uns se sont imaginé que même la matière pourrait bien être arrangée en sorte qu'elle eût la faculté de penser. De là sont venus les philosophes qui se nomment *matérialistes,* qui soutiennent que nos âmes et en général tous les esprits sont matériels; ou plutôt ils nient l'existence des âmes et des esprits. Mais dès qu'on atteint la véritable route

pour parvenir à la connaissance des corps, qui se réduit à l'inertie, par laquelle les corps demeurent dans leur état, et l'impénétrabilité, qui fournit les forces capables de changer leur état, tous ces fantômes de forces dont je viens de parler s'évanouissent, et rien ne saurait être plus choquant que de dire que la matière soit capable de penser. Penser, juger, raisonner, sentir, réfléchir et vouloir, sont des qualités incompatibles avec la nature des corps; et les êtres qui en sont revêtus doivent avoir une nature tout à fait différente. Ce sont des âmes et des esprits, dont celui qui possède ces qualités au plus haut degré est Dieu.

Il y a donc une différence infinie entre les corps et les esprits. Aux corps il ne convient que l'étendue, l'inertie et l'impénétrabilité, qui sont des qualités qui excluent tout sentiment, pendant que les esprits sont doués de la faculté de penser, de raisonner, de sentir, de réfléchir, de vouloir, ou de se décider pour un objet plutôt que pour un autre. Ici il n'y a ni étendue, ni inertie, ni impénétrabilité; ces qualités corporelles sont infiniment éloignées des esprits.

D'autres philosophes, ne sachant à quoi se décider, croient qu'il serait bien possible que Dieu communiquât à la matière la faculté de penser. Ce sont les mêmes qui soutiennent que Dieu a donné aux corps la qualité de s'attirer entre eux. Or, comme cela serait la même chose que si Dieu poussait immédiatement les corps les uns vers les autres, il en serait de même de la faculté de penser communi-

quée aux corps ; ce serait Dieu même qui penserait, et point du tout le corps. Mais pour moi, je suis tout à fait convaincu que je pense moi-même, et rien ne saurait être plus certain que cela ; donc ce n'est pas mon corps qui pense par une faculté qui lui a été communiquée, c'est un être infiniment différent, c'est mon âme, qui est un esprit.

Mais on demande ce que c'est qu'un esprit? Sur cela j'aime mieux avouer mon ignorance, et répondre que nous ne saurions dire ce que c'est qu'un esprit, puisque nous ne connaissons rien du tout de la nature des esprits. De semblables questions sont le langage des matérialistes, qui se piquent encore du titre d'esprits forts, quoiqu'ils veuillent bannir du monde l'existence des esprits, c'est-à-dire, des êtres intelligents et raisonnables. Mais toute cette sagesse imaginaire, dont encore aujourd'hui se glorifient ceux qui, affectant le caractère des esprits forts, veulent se distinguer du peuple, toute cette sagesse, dis-je, tire son origine de la manière lourde dont on a raisonné sur la nature des corps, ce qui n'est pas fort glorieux. Souvent ils se vantent même de leur ignorance, en disant que nous ne connaissons presque rien des corps; donc il est très-possible qu'un corps pense, et fasse toutes les fonctions que le peuple regarde comme le partage des esprits. Or, il serait bien superflu de vouloir encore réfuter ce sentiment bizarre, après les éclaircissements que j'ai eu l'honneur d'exposer à V. A.

Il est donc certain que ce monde renferme deux

espèces d'êtres : des êtres corporels ou matériels, et des êtres immatériels ou des esprits, qui sont d'une nature entièrement différente. Cependant ces deux espèces d'êtres sont liées ensemble de la manière la plus étroite, et c'est principalement de ce lien que dépendent toutes les merveilles du monde, qui ravissent les êtres intelligents et les portent à glorifier le Créateur.

Il n'y a aucun doute que les esprits ne constituent la principale partie du monde, et que les corps n'y soient introduits que pour leur service. C'est pour cet effet que les âmes des animaux se trouvent dans la plus étroite liaison avec leurs corps. Non-seulement les âmes s'aperçoivent de toutes les impressions faites sur leurs corps, mais aussi elles ont un pouvoir d'agir dans leurs corps, et d'y produire des changements convenables; c'est en quoi consiste une influence active sur le reste du monde.

Or, cette même union de chaque âme avec son corps est sans doute et restera toujours le plus grand mystère de la toute-puissance divine, que nous ne saurions jamais pénétrer. Nous voyons bien que notre âme ne peut pas agir immédiatement sur toutes les parties de notre corps : dès qu'un certain nerf est coupé, je ne puis plier la main; d'où l'on peut conclure que notre âme n'a de pouvoir que sur les dernières extrémités des nerfs, qui aboutissent toutes et se réunissent quelque part dans le cerveau, dont le plus habile anatomiste ne peut assigner exactement le lieu. C'est donc à ce lieu qu'est restreint le pouvoir de notre âme. Mais le

pouvoir de Dieu s'étend sur le monde tout entier, et sur tout ce que nous saurions concevoir; c'est là sa toute-puissance.

LETTRE XIII.

(2 décembre 1760.)

Sur la liaison mutuelle entre l'âme et le corps.

Les esprits et les corps étant des êtres ou des substances d'une nature tout à fait différente, de sorte que le monde renferme deux espèces de substances, les unes spirituelles et les autres corporelles ou matérielles, l'étroite union que nous observons entre ces deux espèces de substances mérite une extrême attention. En effet, c'est un phénomène bien merveilleux que la liaison réciproque qui se trouve entre l'âme et le corps de chaque homme et même de chaque animal. Cette union se réduit à deux choses : la première est que l'âme sent ou aperçoit tous les changements qui arrivent dans son corps, et ce qui se fait par le moyen des sens, qui sont, comme V. A. le sait parfaitement bien, au nombre de cinq; savoir, la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût, et le toucher. C'est donc par le moyen des cinq sens que l'âme tire sa connaissance de tout ce qui se passe non-seulement dans son propre corps, mais aussi hors de lui. Le toucher et le goût ne lui représentent que des objets qui touchent immédiatement

le corps; l'odorat, des objets un peu éloignés; l'ouïe s'étend à des distances beaucoup plus grandes, et la vue nous procure une connaissance des objets même les plus éloignés. Toutes ces connaissances ne s'acquièrent qu'en tant que les objets font une impression sur quelqu'un de nos sens; encore ne suffit-il pas que cette impression se fasse, il faut que l'organe du sens se trouve dans un bon état, et que les nerfs qui y appartiennent ne soient point dérangés. V. A. se souvient que pour la vue, il faut que les objets soient distinctement dépeints au fond de l'œil sur la rétine; mais cette représentation n'est pas encore l'objet de l'âme; on peut être aveugle, quoiqu'elle soit parfaitement bien exprimée. La rétine est un tissu de nerfs dont la continuation va jusque dans le cerveau; et quand cette continuation est interrompue par quelque lésion de ce nerf qu'on appelle le *nerf optique,* on ne voit rien, quelque parfaite que soit la représentation sur la rétine. Il en est de même des autres sens, dont tous se font par le moyen des nerfs, qui doivent transporter l'impression faite sur l'organe de sensation, jusqu'à leur première origine dans le cerveau. Il y a donc un certain lieu, dans le cerveau, où tous les nerfs aboutissent; et c'est là que l'âme a sa résidence et où elle s'aperçoit des impressions qui s'y font par le moyen des sens. C'est de ces impressions que l'âme tire toutes les connaissances des choses qui se trouvent hors d'elle. C'est de là qu'elle tire ses premières idées, par la combinaison desquelles elle forme des jugements, des réflexions, des raisonnements, et tout ce qui est propre

à perfectionner sa connaissance; en quoi consiste le propre ouvrage de l'âme, auquel le corps n'a aucune part. Mais la première étoffe lui est fournie par les sens, moyennant les organes de son corps; d'où la première faculté de l'âme est d'apercevoir ou de sentir ce qui se passe dans cette partie du cerveau, où tous les nerfs sensitifs aboutissent. Cette faculté est nommée le *sentiment*, où l'âme est presque passive, et ne fait que recevoir les impressions que le corps lui offre.

Mais à son tour elle a aussi une faculté active, par laquelle elle peut agir sur son corps, et y produire des mouvements à son gré; c'est en quoi consiste le pouvoir de l'âme sur son corps. Ainsi, je puis mouvoir mes mains et mes pieds à volonté; et combien de mouvements ne font pas mes doigts en écrivant cette lettre? Cependant mon âme ne saurait immédiatement agir sur aucun de mes doigts; pour en mettre un seul en mouvement, il faut que plusieurs muscles soient mis en action, et cette action est encore causée par le moyen des nerfs qui aboutissent dans le cerveau : dès qu'un tel nerf est blessé, j'ai beau vouloir commander que mon doigt se meuve, il n'obéira plus aux ordres de mon âme; d'où l'on voit que le pouvoir de mon âme ne s'étend que sur un petit endroit dans le cerveau, où tous les nerfs concourent; tout comme le sentiment est aussi borné à cet endroit.

L'âme n'est donc unie qu'avec ces extrémités des nerfs, sur lesquels elle a non-seulement le pouvoir d'agir, mais où elle peut aussi voir, comme dans un

miroir, tout ce qui fait une impression sur les organes de son corps. Or, quelle merveilleuse adresse de pouvoir conclure de ces légers changements qui arrivent dans l'extrémité des nerfs, ce qui les a occasionnés hors du corps! Un arbre, par exemple, produit par ses rayons sur la rétine une image qui lui est bien semblable; mais combien faible doit être l'impression que les nerfs en reçoivent? Cependant c'est cette impression, continuée par les nerfs jusqu'à leur origine, qui excite dans l'âme l'idée de cet arbre. Ensuite les moindres impressions que l'âme fait sur les extrémités des nerfs se communiquent dans l'instant avec les muscles, qui étant mis en action, tel membre que l'âme veut obéit exactement à ses ordres.

On fait bien des machines qui reçoivent certains mouvements, lorsqu'on tire un certain fil; mais V. A. jugera facilement que toutes ces machines ne sont rien en comparaison de nos corps et de ceux de tous les animaux; d'où il faut conclure que les ouvrages du Créateur surpassent infiniment toute l'adresse des hommes, et que l'union de l'âme avec le corps demeure toujours le phénomène le plus miraculeux.

LETTRE XIV.

(6 décembre 1760.)

Sur les différents systèmes pour expliquer l'union entre l'âme et le corps.

Pour éclaircir en quelque manière la double liaison de l'âme avec le corps, on peut comparer le sen-

timent avec un homme qui, étant dans une chambre obscure, y voit représentés tous les objets qui se trouvent dehors, et en tire une connaissance de tout ce qui se passe hors de la chambre. De la même manière l'âme envisageant, pour ainsi dire, les extrémités des nerfs qui se réunissent dans un certain lieu du cerveau, aperçoit toutes les impressions faites sur les nerfs, et parvient à la connaissance des objets extérieurs qui ont fait ces impressions sur les organes des sens. Quoiqu'il nous soit absolument inconnu en quoi consiste la ressemblance des impressions dans les extrémités des nerfs avec les objets mêmes qui les ont occasionnées, cependant elles sont très-propres à en fournir à l'âme une idée très-juste.

Pour l'autre liaison par laquelle l'âme, agissant sur les extrémités des nerfs, peut mettre en mouvement à son gré les membres du corps, on peut la comparer à un joueur de marionnettes qui, en tirant un certain fil, peut faire marcher les marionnettes, et leur faire mouvoir les membres à son gré. Cette comparaison n'est cependant que très-imparfaite, et la liaison de l'âme avec le corps est infiniment plus étroite. L'âme n'est pas si indifférente à l'égard du sentiment, que l'homme placé dans la chambre obscure : elle y est bien plus intéressée. Il y a des sentiments qui lui sont agréables, et il y en a d'autres qui lui sont désagréables et même douloureux. Qu'y a-t-il de plus désagréable qu'une douleur piquante, quand même elle ne viendrait que d'une mauvaise dent? ce n'est qu'un nerf qui en est irrité d'une certaine manière, dont l'effet est si insupportable à l'âme.

De quelque manière qu'on envisage cette étroite union entre l'âme et le corps, qui constitue l'essence d'un homme vivant, elle demeure toujours un mystère inexplicable dans la philosophie; et, dans tous les temps, les philosophes se sont en vain donné toutes les peines possibles pour l'approfondir. Ils ont imaginé trois systèmes pour expliquer cette union de l'âme avec le corps.

Le premier de ces systèmes est celui d'*influx*, qui est le même que celui dont je viens de parler à V. A., savoir, par lequel on établit une influence réelle du corps sur l'âme et de l'âme sur le corps; de sorte que le corps, par le moyen des sens, fournit à l'âme les premières connaissances des choses externes, et que l'âme, en agissant immédiatement sur les nerfs dans leur origine, excite dans les corps les mouvements de ses membres, quoique l'on convienne que la manière de cette influence mutuelle nous est absolument inconnue. Il faut sans doute recourir à la toute-puissance de Dieu, qui a donné à chaque âme un pouvoir sur une certaine portion de matière que renferment les extrémités des nerfs du corps, de sorte que le pouvoir de chaque âme est restreint à une petite partie du corps, pendant que le pouvoir de Dieu s'étend à tous les corps du monde. Ce système paraît le plus conforme à la vérité, quoiqu'il s'en faille beaucoup que nous en ayons une connaissance détaillée.

Les deux autres systèmes ont été établis par les philosophes qui nient hautement la possibilité d'une influence réelle d'un esprit sur les corps, quoiqu'ils

soient obligés de l'accorder à l'Être suprême. Ainsi, selon eux, le corps ne saurait fournir à l'âme les premières idées des choses externes, ni l'âme produire aucun mouvement dans le corps.

L'un de ces deux systèmes a été imaginé par Descartes, et est nommé le système des *causes occasionnelles*. Selon ce philosophe, quand les organes des sens sont excités par les corps extérieurs, c'est alors Dieu qui imprime dans le même instant à l'âme immédiatement les idées de ce corps ; et quand l'âme veut que quelque membre du corps se meuve, c'est encore Dieu qui imprime immédiatement à ce membre le mouvement désiré ; de sorte donc que l'âme n'est dans aucune connexion avec son corps. Or, alors on ne voit aucune nécessité pour le corps qu'il soit une machine si merveilleusement construite, puisqu'une masse très-lourde aurait également été propre à ce dessein. En effet, ce système a bientôt perdu tout son crédit, après que le grand Leibnitz lui a substitué son système de l'harmonie préétablie, dont V. A. aura sans doute déjà entendu parler.

Selon ce dernier système de *l'harmonie préétablie*, l'âme et le corps sont deux substances hors de toute connexion, et qui n'ont aucune influence l'une sur l'autre. L'âme est une substance spirituelle qui développe par sa propre nature successivement toutes les idées, pensées, raisonnements et résolutions, sans que le corps y ait la moindre part ; et le corps est une machine le plus artificiellement fabriquée : comme une horloge, il produit successivement tous



les mouvements, sans que l'âme y ait la moindre part. Mais Dieu ayant prévu dès le commencement toutes les résolutions que chaque âme aurait à chaque instant, il a arrangé la machine du corps en sorte que ses mouvements sont à chaque instant d'accord avec les résolutions de l'âme. Ainsi, quand je lève à présent ma main, Leibnitz dit que Dieu, ayant prévu que mon âme voudrait à présent lever la main, avait disposé la machine de mon corps en sorte qu'en vertu de sa propre organisation, la main se lèverait nécessairement dans le même instant; et ainsi, de même que tous les mouvements des membres du corps se faisaient tous uniquement en vertu de leur propre organisation, et que cette organisation avait été dès le commencement disposée en sorte qu'elle fût en tout temps d'accord avec les résolutions de l'âme.

LETTRE XV.

(9 décembre 1760.)

Examen du système de l'harmonie préétablie, et objections contre ce système.

Il y avait un temps où le système de l'harmonie préétablie était tellement en vogue, que tous ceux qui en doutaient seulement passaient pour des ignorants ou des esprits fort bornés. Les partisans de ce système se vantaient beaucoup que par ce moyen la toute-puissance et la toute-science de

l'Être suprême étaient mises dans leur plus grand jour, et que dès qu'on est convaincu de ces éminentes perfections de Dieu, on ne pouvait plus douter un moment de la vérité de ce sublime système.

En effet, disent-ils, nous voyons que de chétifs mortels sont capables de faire des machines si artificielles, qu'elles ravissent le peuple en admiration ; à combien plus forte raison doit-on convenir que Dieu, ayant su de toute éternité tout ce que mon âme voudra et désirera à chaque instant, ait pu fabriquer une telle machine, qui à chaque instant produise des mouvements conformément aux ordres de mon âme ? Or, cette machine est précisément mon corps, qui n'est lié avec mon âme que par cette harmonie ; de sorte que si l'organisation de mon corps était troublée au point de n'être plus d'accord avec mon âme, ce corps n'appartiendrait pas plus à moi, que le corps d'un rhinocéros au milieu de l'Afrique ; et si, dans le cas d'un déréglement de mon corps, Dieu ajustait le corps d'un rhinocéros en sorte que ses mouvements fussent tellement d'accord avec les ordres de mon âme, qu'il levât la patte au moment que je voudrais lever la main, et ainsi des autres opérations, ce serait alors mon corps. Je me trouverais subitement dans la forme d'un rhinocéros au milieu de l'Afrique, mais nonobstant cela mon âme continuerait les mêmes opérations. J'aurais également l'honneur d'écrire à V. A. ; mais je ne sais comment elle recevrait alors mes lettres.



Feu M. de Leibnitz, lui-même, a comparé l'âme et le corps à deux horloges qui montrent continuellement les mêmes heures. Un ignorant qui verrait cette belle harmonie entre ces deux horloges s'imaginerait sans doute que l'une agirait dans l'autre; mais il se tromperait, puisque chacune produit ses mouvements indépendamment de l'autre. De même l'âme et le corps sont deux machines tout à fait indépendantes l'une de l'autre, celle-là étant spirituelle, et celle-ci matérielle; mais leurs opérations se trouvent toujours dans un accord si parfait, qu'il nous fait croire que ces deux machines appartiennent ensemble, et que l'une a une influence réelle sur l'autre; ce qui ne serait cependant qu'une pure illusion.

Pour juger ce système, je remarque d'abord qu'on ne saurait nier que Dieu n'eût pu créer une machine qui fût toujours d'accord avec les opérations de mon âme; mais il me semble que mon corps m'appartient par d'autres titres que par une telle harmonie, quelque belle qu'elle puisse être; et je crois que V. A. n'admettra pas facilement un système qui est uniquement fondé sur le principe qu'aucun esprit ne saurait agir sur un corps, et que, réciproquement, un corps ne saurait agir, ou fournir des idées à un esprit. Ce principe d'ailleurs se trouve destitué de toute preuve, les chimères de ses partisans sur les êtres simples ayant été suffisamment réfutées. Ensuite si Dieu, qui est esprit, a le pouvoir d'agir sur les corps, il n'est pas absolument impossible qu'un esprit tel que notre âme

ne puisse pas aussi agir sur un corps. Aussi ne disons-nous pas que notre âme agisse sur tous les corps, mais seulement sur une petite particule de matière, sur laquelle elle en a reçu le pouvoir de Dieu même, quoique la manière nous soit inintelligible.

Outre cela, le système de l'harmonie préétablie est, d'un autre côté, assujetti à de grandes difficultés : selon lui, l'âme tire de son propre fonds toutes les connaissances, sans que le corps et les sens y contribuent en rien. Ainsi, quand je lis dans la gazette que le pape est mort, et que je parviens à la connaissance de la mort du pape, la gazette et ma lecture n'ont aucune part à cette connaissance, puisque ces circonstances ne regardent que mon corps et mes sens, qui ne sont dans aucune liaison avec mon âme. Mais, suivant ce système, mon âme développe en même temps, de son propre fonds, les idées qu'elle a de ce pape. Elle juge de sa constitution, qu'il doit absolument être mort, et heureusement cette connaissance lui vient avec la lecture de la gazette; de sorte que je m'imagine que la lecture de la gazette m'a fourni cette connaissance, quoique je l'aie puisée du propre fonds de mon âme. Or, cette idée révolte ouvertement. Comment pourrais-je si hardiment assurer que le pape a dû nécessairement mourir au moment que la gazette le marque, et cela uniquement de la faible idée que j'avais de l'état de la santé du pape, dont peut-être je ne savais rien du tout, pendant que je connais infiniment mieux ma propre situa-

tion, sans savoir pourtant ce qui m'arrivera demain? De même quand V. A. me fait la grace de lire ces lettres, et qu'elle en apprend quelque vérité, c'est alors l'âme de V. A. qui développe de son propre fonds cette même vérité, sans que j'y contribue la moindre chose par mes lettres. La lecture de ces lettres ne sert qu'à remplir l'harmonie que le Créateur a voulu établir entre l'âme et le corps. Ce n'est qu'une pure formalité tout à fait superflue à l'égard de la connaissance même. Nonobstant cela, je continuerai mes instructions.

LETTRE XVI.

(13 décembre 1760.)

Autre objection contre ce système.

On fait encore une autre objection contre le système de l'harmonie préétablie; on dit que la liberté des hommes y est entièrement détruite. En effet, si les corps des hommes sont des machines semblables à une montre, toutes leurs actions sont une suite nécessaire de leur structure. Ainsi, quand un voleur me coupe la bourse, le mouvement qu'il fait de ses mains est un effet aussi nécessaire de la machine de son corps, que le mouvement de l'*indice* de ma pendule, qui marque à présent neuf heures. De là V. A. tirera aisément la conséquence que comme il serait injuste et même ridicule que

je voulusse me fâcher contre ma pendule de ce qu'elle marque neuf heures, et que je voulusse la châtier pour cela; il en doit être de même du voleur, qu'on aurait également tort de châtier pour m'avoir coupé la bourse.

Là-dessus on a eu ici autrefois un exemple bien éclatant, lorsque, du temps du feu roi, M. Wolf enseigna à Halle le système de l'harmonie préétablie. Le roi s'informa de cette doctrine, qui faisait alors bien du bruit, et un courtisan répondit à Sa Majesté que tous les soldats, selon cette doctrine, n'étaient que de pures machines; et quand quelques-uns désertaient, que c'était une suite nécessaire de leur structure, et par conséquent qu'on avait tort de les punir, comme on l'aurait lorsqu'on voudrait punir une machine pour avoir produit tel ou tel mouvement. Le roi se fâcha si fort sur ce rapport, qu'il donna ordre de chasser M. Wolf de Halle, sous peine d'être pendu s'il s'y trouvait encore au bout de 24 heures. Ce philosophe se réfugia alors à Marsbourg, où je lui ai parlé peu de temps après. Ses partisans ont beaucoup crié contre ce procédé, et ont soutenu que l'harmonie préétablie ne portait aucune atteinte à la liberté des hommes. Ils convinrent bien que toutes les actions des hommes étaient des suites nécessaires de l'organisation de leur corps, et qu'à cet égard elles arrivaient aussi nécessairement que les mouvements d'une montre; mais en tant que les corps des hommes étaient des machines harmoniques avec les âmes, dont les résolutions jouissaient d'une

parfaite liberté, qu'on était en droit de punir celles-ci, quoique l'action corporelle fût nécessaire. Il est bien vrai que le criminel d'une action ne consiste pas tant dans l'acte ou les mouvements du corps, que dans la résolution et l'intention de l'âme même, qui demeure entièrement libre. Qu'on conçoive, disent-ils, l'âme d'un voleur qui voudra, dans un certain temps, commettre un vol; Dieu, ayant prévu cette intention, l'a pourvu d'un corps tellement organisé, que dans le même temps il produisît précisément les mouvements requis pour faire le vol : de là ils disent que l'action même est bien l'effet nécessaire de l'organisation du corps, mais que la résolution du voleur est un acte libre de son âme, qui n'est pas pour cela moins coupable et moins punissable.

Nonobstant ce raisonnement, les partisans du système de l'harmonie préétablie seront toujours fort embarrassés de maintenir la liberté dans les résolutions de l'âme. Car, selon eux, l'âme est aussi semblable à une machine, quoique d'une nature tout à fait différente de celle du corps; les représentations et les résolutions y sont occasionnées par celles qui précèdent, et celles-ci encore par les antérieures, etc.; de sorte qu'elles se suivent aussi nécessairement que les mouvements d'une machine. En effet, disent-ils, les hommes agissent toujours par certains motifs, et ces motifs sont fondés dans les représentations de l'âme, qui se succèdent les unes aux autres conformément à son état. V. A. se souviendra que, dans ce système, l'âme ne tire au-

cune idée du corps, avec lequel elle n'est dans aucune liaison réelle; elle tire plutôt toutes ses idées de son propre fonds. Les idées présentes découlent des précédentes, et en sont une suite nécessaire; de sorte que l'âme n'est rien moins que maîtresse de ses idées. Or, ces idées engendrent les résolutions, qui sont donc aussi peu dans le pouvoir de l'âme; et, conséquemment, toutes les actions de l'âme étant fondées dans son état présent, et celui-ci dans le précédent, et ainsi de suite, elles sont un effet nécessaire du premier état de l'âme, auquel elle a été créée, dont elle n'a certainement pas été la maîtresse; et par conséquent aucune liberté n'y saurait avoir lieu. Or, ôtant aux hommes la liberté, toutes leurs actions deviennent nécessaires, et absolument *insusceptibles* d'un jugement, si elles sont justes ou criminelles.

Aucun de ces philosophes n'a encore pu lever cette difficulté; et de là leurs adversaires ont beau jeu de leur reprocher que leur sentiment renverse toute la morale, et que tous les crimes rejaillissent sur Dieu même; ce qui est sans doute le sentiment le plus impie. Cependant, il ne faut pas leur imputer de telles conséquences, quoiqu'elles suivent très-naturellement de leur système. L'article sur la liberté est une pierre d'achoppement dans la philosophie, qu'il est extrêmement difficile de mettre dans tout son jour.

LETTRE XVII.

(16 décembre 1760.)

Sur la liberté des esprits, et réponse aux objections qu'on fait communément contre la liberté.

Les plus grandes difficultés sur la liberté, qui paraissent même insurmontables, tirent leur origine de ce qu'on ne distingue pas assez soigneusement la nature des esprits de celle des corps. Les philosophes wolfiens vont même si loin, qu'ils mettent les esprits au même rang que les éléments des corps, et donnent aux uns et aux autres le nom de *monades*, dont la nature consiste, selon eux, dans une force de changer leur état; et c'est de là que résultent tous les changements dans les corps, et toutes les représentations et les actions des esprits. Donc, puisque dans ce système chaque état, tant des corps que des esprits, tire sa détermination de l'état précédent, de sorte que les actions des esprits découlent de la même manière de leur état précédent que les actions des corps, il est évident que la liberté ne saurait pas trouver plus lieu dans les esprits que dans les corps. Or, quant aux corps, il serait ridicule d'y vouloir concevoir la moindre ombre de liberté; la liberté supposant toujours un pouvoir de commettre, d'admettre ou de suspendre une action, ce qui est directement opposé à tout ce qui se passe dans les corps. Ne serait-il pas ridicule de pré-

tendre qu'une montre marquât une autre heure qu'elle ne fait actuellement, et de la vouloir punir pour cela? Ou n'aurait-on pas tort si l'on se fâchait contre une marionnette, de ce qu'elle nous tourne le dos après avoir fait quelques tours? V. A. ne comprend que trop qu'une justice établie sur les actions de cette marionnette, ou d'autres semblables, serait bien mal placée.

Tous les changements qui arrivent dans les corps, et qui se réduisent uniquement à leur état ou de repos ou de mouvement, sont des suites nécessaires des forces qui y agissent; et l'action de ces forces étant une fois posée, les changements dans les corps ne sauraient arriver autrement qu'ils n'arrivent; et par conséquent tout ce qui regarde les corps n'est ni blâmable, ni louable. Quelque adroitement que soit exécutée une machine, les louanges que nous lui prodiguons rejaillissent sur l'artiste qui l'a faite, la machine elle-même n'y est pas intéressée; tout comme une machine lourde et mal faite est innocente en elle-même; c'est le maître qui en est responsable. Ainsi, tant qu'il ne s'agit que des corps, ils ne sont responsables de rien; à leur égard, aucune récompense, aucune punition ne saurait avoir lieu; tous les changements et mouvements qui y sont produits sont des suites nécessaires de leur structure.

Mais les esprits sont d'une nature entièrement différente, et leurs actions dépendent de principes directement opposés. Comme la liberté est entièrement exclue de la nature des corps, elle est le

partage essentiel des esprits, de sorte qu'un esprit ne saurait être sans la liberté; et c'est la liberté qui le rend responsable de ses actions. Cette propriété est aussi essentielle aux esprits que l'étendue ou l'impénétrabilité l'est aux corps; et comme il serait impossible, même à la toute-puissance divine, de dépouiller les corps de ces qualités, il lui est également impossible de dépouiller les esprits de la liberté; car un esprit sans liberté ne serait plus un esprit, tout de même qu'un corps sans étendue ne serait plus un corps.

Or, la liberté entraîne la possibilité de pécher; donc, dès que Dieu a introduit les esprits dans le monde, la possibilité de pécher y fut en même temps attachée, et il aurait été impossible de prévenir le péché sans détruire l'essence des esprits, c'est-à-dire, sans les anéantir. De là s'évanouissent toutes les plaintes contre le péché et les suites funestes qui en découlent, et la bonté de Dieu n'en souffre aucune atteinte.

De tout temps, c'était une grande difficulté parmi les philosophes et les théologiens, comment Dieu avait pu permettre le péché dans le monde? Mais s'ils avaient pensé que les âmes des hommes sont des êtres nécessairement libres de leur nature, ils n'y auraient pas trouvé tant de difficulté.

Voici les objections qu'on fait communément contre la liberté. On dit qu'un esprit, ou bien un homme, ne se détermine jamais à une action que par des motifs; et qu'après avoir bien pesé les raisons pour et contre, il se décide enfin pour le

parti qu'il trouve le plus convenable. De là on conclut que les motifs déterminent les actions des hommes, de la même manière que le mouvement des billes, sur le billard, est déterminé par le choc qu'on leur imprime, et conséquemment que les actions des hommes sont aussi peu libres que le mouvement des billes. Mais il faut bien considérer que les motifs qui engagent à entreprendre quelque action se rapportent tout autrement à l'âme que le choc à la bille. Ce choc produit son effet nécessairement, pendant qu'un motif, quelque fort qu'il soit, n'empêche pas que l'action ne soit volontaire. J'avais des motifs bien forts pour entreprendre mon voyage de Magdebourg, c'était pour dégager ma parole, et pour jouir du bonheur de rendre mes respects à V. A.; mais je sens pourtant bien que je n'y ai pas été forcé, et que j'ai toujours été le maître de faire ce voyage ou de rester à Berlin. Or, un corps poussé par quelque force obéit nécessairement, et on ne saurait dire qu'il est le maître d'obéir ou non.

Un motif qui porte un esprit à régler ses résolutions est d'une nature tout à fait différente d'une cause ou force qui agit sur les corps. Ici, l'effet est produit nécessairement; et là l'effet demeure toujours volontaire, et l'esprit en est le maître. C'est sur cela qu'est fondée l'*imputabilité* des actions d'un esprit qui l'en rend responsable; ce qui est le vrai fondement du juste et de l'injuste. Dès qu'on établit cette différence infinie entre les esprits et les corps, la liberté n'a plus rien qui puisse choquer.

LETTRE XVIII.

(20 décembre 1760.)

Sur le même sujet.

La différence que je viens d'établir entre les motifs conformément auxquels les esprits agissent, et les causes ou forces qui agissent sur les corps, nous découvre le véritable fondement de la liberté.

Que V. A. s'imagine une marionnette si artistement fabriquée par des roues et des ressorts, qui s'approche de ma poche, et en tire ma montre sans que je m'en aperçoive; cette action, étant une suite nécessaire de l'organisation de la machine, ne saurait être regardée comme un vol; et je me rendrais ridicule si je m'en fâchais, et si je voulais faire pendre la machine. Tout le monde dirait que la marionnette était innocente, ou plutôt insusceptible d'une action blâmable; aussi serait-il fort indifférent à la machine d'être pendue, ou d'être mise même sur un trône. Cependant, si l'artiste avait fait cette machine à dessein de voler les honnêtes gens et de s'enrichir par de tels vols, j'admirerais bien l'adresse de l'ouvrier, mais je serais en droit de le dénoncer à la justice comme un voleur. Il s'ensuit donc que, même dans ce cas, le crime retomberait sur un être intelligent, ou un esprit, et que les seuls esprits sont responsables de leurs actions.

Que chacun examine ses actions, et il trouvera toujours qu'il n'y a pas été forcé, quoiqu'il y ait été porté par des motifs. Si ses actions sont louables, il sent bien qu'il mérite les éloges qu'on lui donne. Quand même il se tromperait dans tous ses autres jugements, il ne se trompe pas dans celui-ci; le sentiment de sa liberté est si étroitement lié avec sa liberté même, que l'un est inséparable de l'autre. On peut bien avoir des doutes sur la liberté d'un autre, mais jamais on ne saurait se tromper sur sa propre liberté. Un paysan, par exemple, en voyant la marionnette dont je viens de parler, pourrait bien s'imaginer que c'est un voleur comme sont les autres, et qu'il agit aussi librement : il se tromperait en cela; mais, sur sa propre liberté, il est impossible qu'il se trompe; dès qu'il s'estime libre, il est libre en effet. Il pourrait aussi arriver que ce même paysan, désabusé de son erreur, regardât ensuite un garçon adroit comme une machine destituée de tout sentiment et sans liberté, par où il tomberait dans une erreur opposée; mais encore sur soi-même il ne se trompera jamais.

Il serait donc ridicule de dire qu'il serait possible qu'une montre s'imaginât que son indice tourne librement, et qu'elle crût que l'indice marque à présent neuf heures parce qu'il lui plaît ainsi, et qu'il pourrait bien marquer une autre heure, si elle le jugeait à propos; en quoi la montre se tromperait sûrement. Mais cette supposition est très-absurde en elle-même. D'abord il faudrait attribuer à la montre un sentiment et une imagination, et par là même

on lui supposerait un esprit ou une âme, qui renferme nécessairement la liberté; ensuite on regarderait aussi la montre comme une pure machine dépouillée de liberté; ce qui est une contradiction ouverte.

On forme cependant encore contre la liberté une autre objection tirée de la *prescience* de Dieu. On dit que Dieu a prévu de toute éternité toutes les résolutions ou actions que je ferai pendant tous les instants de ma vie. Donc, Dieu ayant prévu que je continuerai d'écrire à présent, que j'abandonnerai ensuite la plume, et que je me lèverai pour faire quelques tours de promenade, mon action ne serait plus libre; car il faudra nécessairement que j'écrive, que je quitte la plume, et que je me lève pour me promener; et il serait impossible que je fisse quelque autre chose, puisque Dieu ne saurait se tromper dans ce qu'il prévoit. La réponse à cette objection est aisée. De ce que Dieu a prévu de toute éternité que je commettrai tel jour une certaine action, il ne s'ensuit pas que je la commette effectivement parce que Dieu l'a prévu. Car il est évident qu'il ne faut pas dire ici que je continue d'écrire *parce que* Dieu a prévu que je continuerais d'écrire; mais réciproquement, puisque je juge à propos de continuer d'écrire, Dieu a prévu que je le ferais. Ainsi la prescience de Dieu n'ôte rien à ma liberté; et toutes mes actions demeurent également libres, soit que Dieu les ait prévues ou non.

Quelques-uns cependant, pour maintenir la liberté, ont été jusqu'à nier la prescience de Dieu; mais

V. A. n'aura point de peine à reconnaître le faux de ce sentiment. Est-il donc si surprenant que Dieu, mon créateur, qui connaît tous mes penchants, puisse prévoir l'effet que chaque motif fera sur mon âme, et par conséquent aussi toutes les résolutions que je prendrai conformément à cet effet, pendant que nous, pauvres mortels, sommes souvent capables d'une telle prescience? Que V. A. s'imagine un homme extrêmement avare, auquel il se présente une belle occasion de faire un gain considérable: elle saura certainement que cet homme ne manquera pas de profiter de cette occasion. Cependant cette science de V. A. ne force pas cet homme; il s'y détermine de son plein gré, tout de même que si V. A. n'avait pas daigné faire aucune réflexion sur lui. Donc, puisque Dieu connaît infiniment mieux tous les hommes avec toutes leurs inclinations, on ne peut douter que Dieu n'ait pu prévoir toutes les actions qu'ils entreprendraient dans toutes les occasions. Cette prescience de Dieu, qui regarde les actions libres des esprits, est néanmoins fondée sur un tout autre principe que la prescience des changements qui doivent arriver dans le monde corporel, où tout arrive nécessairement. Il est bon de remarquer cette distinction, qui fera le sujet de ma lettre suivante.

LETTRE XIX.

(23 décembre 1760.)

Sur l'influence de la liberté des esprits dans les événements du monde.

Si le monde ne contenait que des corps, et que tous les changements qui y arrivent fussent des suites nécessaires des lois du mouvement, conformément aux forces dont les corps agissent les uns sur les autres, tous les événements seraient nécessaires, et dépendraient du premier arrangement que le Créateur aurait établi parmi les corps du monde; de sorte que, cet arrangement une fois établi, il serait impossible qu'il y eût dans la suite d'autres événements que ceux qui y arrivent actuellement. Dans ce cas, le monde serait sans contredit une pure machine semblable à une montre qui, étant une fois montée, produit ensuite tous les mouvements par lesquels nous mesurons le temps. Que V. A. conçoive une pendule à musique; cette pendule étant une fois réglée, tous ses mouvements et les airs qu'elle joue sont produits en vertu de sa construction, sans que la main du maître y touche de nouveau, et alors on dit que cela se fait machinalement. Si l'artiste y touche en changeant l'indice ou le cylindre qui règle les airs, ou en la remontant, c'est une action externe, qui n'est plus fondée sur l'organisation de la machine : cette action n'est plus machinale. De la même manière, si Dieu,

comme maître du monde, changeait immédiatement quelque chose dans le cours des événements successifs, ce changement n'appartiendrait plus à la machine; ce serait alors un *miracle*. D'où l'on voit qu'un miracle est un effet immédiat de la toute-puissance divine, qui ne serait pas arrivé si Dieu avait laissé un cours libre à la machine du monde. Ce serait l'état du monde, s'il n'y avait que des corps; et alors on pourrait dire que tous les événements y arrivent par une nécessité absolue, chacun d'eux étant un effet nécessaire de la construction du monde, à moins que Dieu n'y opère des miracles.

La même chose aurait aussi lieu dans le système de l'harmonie préétablie, quoiqu'on y admette des esprits; car, selon ce système, les esprits n'agissent point sur les corps, lesquels produisent tous leurs mouvements et leurs actions, uniquement en vertu de leur structure une fois établie; de sorte que quand je lève mon bras, ce mouvement est un effet aussi nécessaire de l'organisation de mon corps, que le mouvement des roues dans une montre. Mon âme n'y contribue en rien; c'est Dieu qui a arrangé dès le commencement la matière, en sorte que mon corps en devrait résulter nécessairement dans un certain temps, et lever le bras au moment que mon bras le voudrait. Ainsi, mon âme n'a aucune influence sur mon corps, non plus que les âmes des autres hommes et des animaux; et, par conséquent, dans ce système, tout le monde n'est que corporel, et tous les événements sont une suite nécessaire de l'organisation primitive que Dieu a établie dans le monde.

Mais dès qu'on accorde aux âmes des hommes et des animaux quelque pouvoir sur leurs corps, pour y produire des mouvements que la seule organisation des corps n'aurait pas produits, le système du monde n'est plus une pure machine, et tous les événements n'y arrivent pas nécessairement, comme dans le cas précédent.

Le monde renfermera des événements d'une double espèce : les uns, sur lesquels les esprits n'ont aucune influence, seront corporels ou dépendants de la machine, comme les mouvements et les phénomènes célestes, qui arrivent aussi nécessairement que les mouvements d'une montre, et dépendent uniquement de l'établissement primitif du monde. Les autres, qui dépendent de l'âme des hommes et des animaux attachée à leurs corps, ne seront plus nécessaires comme les précédents, mais ils dépendront de la liberté comme de la volonté de ces êtres spirituels.

Ces deux espèces d'événements distinguent le monde d'une simple machine, et l'élèvent à un rang infiniment plus digne du Créateur tout-puissant qui l'a formé. Aussi le gouvernement de ce monde nous inspirera toujours la plus sublime idée de la sagesse et de la bonté souveraine de Dieu.

Il est donc certain que la liberté, qui est absolument essentielle aux esprits, a une très-grande influence sur les événements du monde. V. A. n'a qu'à considérer les suites fatales de cette guerre, qui toutes résultent des actions des hommes, occasionnées par leur bon plaisir ou leur caprice.

Il est cependant également certain que les événements du monde ne dépendent pas uniquement du bon plaisir ou de la volonté des hommes et des animaux. Leur pouvoir est fort borné, et restreint à un petit endroit dans le cerveau, où tous les nerfs aboutissent; et en y agissant, on ne peut qu'imprimer aux membres un certain mouvement, lequel ensuite peut opérer sur d'autres corps, et ceux-ci sur d'autres encore; de sorte que le moindre mouvement de mon corps peut bien avoir une grande influence sur quantité d'événements, et avoir même de très-grandes suites. L'homme cependant, quoique le maître du premier mouvement de son corps, qui occasionne ces suites, ne l'est pas des suites mêmes. Celles-ci dépendent de tant de circonstances compliquées, que l'esprit le plus sage ne saurait les prévoir; aussi voyons-nous tous les jours échouer tant de projets, quelque bien qu'ils fussent concertés. Mais c'est en cela qu'il faut reconnaître le gouvernement et la providence de Dieu, qui, ayant prévu de toute éternité tous les conseils, les projets et les actions volontaires des hommes, a arrangé le monde corporel, en sorte qu'il amène en tout temps des circonstances qui font réussir ou échouer ces entreprises, selon que sa sagesse infinie l'a jugé convenable. Dieu demeure ainsi le maître absolu de tous les événements du monde, malgré la liberté des hommes, dont toutes les actions libres sont déjà entrées, au commencement, dans le plan que Dieu a voulu exécuter en créant ce monde.

Cette réflexion nous plonge dans un abîme d'ad-

miration et d'adoration des perfections infinies du Créateur, en considérant que rien ne saurait être si chétif, qu'il n'ait déjà été, au commencement du monde, un objet digne d'entrer dans le premier plan que Dieu s'est proposé. Mais cette matière surpasse infiniment la faible portée de notre entendement.

LETTRE XX.

(27 décembre 1760.)

Sur les événements naturels, surnaturels et moraux.

Dans la vie commune on distingue soigneusement les événements opérés par les seules causes corporelles, de ceux où les hommes et les animaux concourent. On nomme ceux de la première espèce des *événements naturels*, ou opérés par des causes naturelles; tels sont les phénomènes des corps célestes, les éclipses, les tempêtes, les vents, les tremblements de terre, etc. On dit que ce sont des phénomènes naturels, puisqu'on conçoit que ni les hommes, ni les animaux, n'y ont aucune part. Mais si, par exemple, comme le peuple superstitieux s'imagine, les sorciers étaient capables d'exciter des tempêtes, on ne dirait plus qu'une telle tempête est un phénomène naturel. D'où V. A. comprend qu'on ne donne le nom de *phénomène naturel* qu'aux événements qui sont uniquement produits par des causes corporelles, sans qu'aucun homme ou animal y ait la

moindre part. Voit-on, par exemple, un arbre déraciné par la force du vent, on dit que c'est un effet naturel; mais dès qu'un arbre est déraciné par la force des hommes, ou par la trompe d'un éléphant, personne ne dit plus que c'est un effet naturel. De la même manière, quand nos campagnes sont dévastées par quelque inondation ou par la grêle, on dit que la cause de ce malheur est naturelle; mais dès que le même dégât se fait par des ennemis, on n'en nomme plus la cause naturelle. Si un tel accident était opéré par un miracle ou par une force immédiate de Dieu, on dirait que la cause est *surnaturelle;* mais si cet événement était causé par les hommes ou par les animaux, on ne pourrait plus lui donner le nom ni de *naturel* ni de *surnaturel.* On le caractérise alors simplement par le nom d'*action*, ce qui désigne un événement qui n'est ni naturel ni surnaturel. On pourrait mieux le dire *moral,* puisqu'il dépend de la liberté d'un être intelligent. Ainsi quand Quinte-Curce nous a laissé une description des actions d'Alexandre le Grand, il nous donne à connaître les événements occasionnés par les résolutions libres de ce héros. Une telle action suppose toujours une détermination libre d'un être spirituel, qui dépend de sa volonté, et dont il est le maître. Je dis *dont il est le maître,* car il y a bien des mouvements pour lesquels nous aurions beau nous déterminer, nous ne serions cependant point obéis, parce que ces mouvements ne sont pas en notre pouvoir. Ainsi je ne suis pas même le maître de tous les mouvements qui se font dans mon corps : le mouvement de mon

cœur et de mon sang n'est pas soumis à mon pouvoir ou à l'empire de mon âme, comme est l'action que je fais à présent en écrivant cette lettre. Il y a aussi des mouvements qui tiennent de l'une et de l'autre espèce, comme la respiration, que je puis accélérer et retarder jusqu'à un certain degré, mais dont je ne suis pas le maître absolu.

La langue n'a pas de mots assez propres pour désigner toutes les diverses sortes d'événements qui arrivent. Il y en a qui sont opérés uniquement par des causes naturelles, et qui sont des suites nécessaires de l'arrangement des corps dans le monde; et puisqu'ils arrivent nécessairement, la connaissance de cet arrangement nous met en état de prédire quantité de ces événements, comme la situation des corps célestes, les éclipses, et d'autres phénomènes qui en dépendent, pour chaque temps proposé. Il y a d'autres événements qui dépendent uniquement de la volonté des êtres libres et spirituels, comme les actions de chaque homme ou de chaque animal. En particulier de ceux-ci, il nous est impossible de prévoir quelque chose, si ce n'est par de simples conjectures, et le plus souvent nous nous y trompons très-grossièrement : il n'y a que Dieu qui possède cette connaissance au suprême degré.

De ces deux espèces d'événements, il en naît une troisième, où des causes naturelles concourent avec celles qui sont volontaires et dépendantes de quelque être libre. Un billard en fournit un exemple. Les coups dont on frappe les billes dépendent de la volonté des joueurs; mais dès que le mouvement est im-

primé aux billes, la continuation de ce mouvement, et les chocs mutuels des billes, ou avec les bandes, sont des suites nécessaires des lois du mouvement. En général, la plupart des événements qui arrivent sur la terre doivent être rapportés à cette espèce, puisqu'il n'y en a presque point où les hommes et les animaux n'aient quelque influence. La culture des campagnes exige d'abord des mouvements volontaires d'hommes ou de bêtes; mais la suite est un effet des causes purement naturelles. Les suites funestes de la guerre actuelle, quel mélange ne sont-elles pas, tant des causes naturelles que des actions libres des hommes? Aussi est-il fort important de remarquer que Dieu agit d'une manière tout à fait différente envers les corps et les esprits. Pour les corps, Dieu a établi les lois du repos et du mouvement, conformément auxquelles tous les changements arrivent nécessairement, les corps n'étant que des êtres passifs, qui se maintiennent dans leur état, ou qui obéissent nécessairement aux impressions que les uns font sur les autres, comme j'ai eu l'honneur de l'expliquer à V. A.; au lieu que les esprits ne sont susceptibles d'aucune force ou contrainte, et que c'est par des commandements ou des défenses que Dieu les gouverne.

A l'égard des corps, la volonté de Dieu est toujours parfaitement accomplie; mais à l'égard des êtres spirituels, comme les hommes, il arrive souvent le contraire. Quand on dit que Dieu veut que les hommes s'aiment mutuellement, c'est une tout autre volonté de Dieu; c'est un commandement auquel

les hommes devraient obéir ; mais il s'en faut beaucoup qu'il soit exécuté. Dieu n'y force pas les hommes, ce qui serait une chose contraire à la liberté qui leur est essentielle; mais il tâche de les porter à l'observation de ce commandement, en leur représentant les motifs les plus forts, fondés sur leur propre salut; les hommes demeurent toujours les maîtres de s'y conformer, ou non. C'est sur ce pied qu'on doit juger de la volonté de Dieu, quand elle se rapporte aux actions libres des êtres spirituels.

LETTRE XXI.

(30 décembre 1760.)

Sur la question du meilleur monde, et sur l'origine des maux et des péchés.

On dispute si souvent si ce monde est le meilleur ou non, que cette question ne saurait être inconnue à V. A. Il n'y a aucun doute que ce monde ne réponde parfaitement au plan que Dieu s'était proposé en le créant; et nous avons sur cela le témoignage même de l'Écriture sainte.

Quant aux corps et aux productions matérielles, leur arrangement et leur structure est telle, que certainement il ne pouvait rien être de mieux. Que V. A. se souvienne de la fabrique admirable de l'œil, dont il faut convenir que toutes les parties et leur conformation ne sauraient mieux remplir le but, qui est de représenter distinctement les objets extérieurs.

Combien d'adresse ne fallait-il pas employer pour entretenir l'œil dans cet état pendant toute la vie? Il s'agissait d'empêcher que les sucs dont il est composé ne se corrompissent, et qu'ils soient renouvelés et entretenus dans leur état convenable; tout cela surpasse notre entendement. Une structure également merveilleuse se trouve dans toutes les autres parties de nos corps, dans celles de tous les animaux, et même dans celles des plus vils insectes. Dans ces derniers même, à cause de leur petitesse, la structure est d'autant plus admirable, qu'elle satisfait parfaitement à tous les besoins qui sont particuliers à chaque espèce. Qu'on examine seulement la vue des insectes, par laquelle ils distinguent les objets les plus petits et les plus proches qui échapperaient à nos yeux, et cet examen seul nous remplira d'admiration. On découvre aussi une perfection semblable dans les plantes : tout y concourt à leur formation, à leur accroissement, et à la production de leurs fleurs, de leurs fruits, ou de leurs semences. Quel prodige de voir naître, d'un petit grain mis dans la terre, une plante ou un arbre, et cela du seul suc nourricier que la terre fournit? Les productions que nous rencontrons dans les entrailles de la terre ne sont pas moins admirables, et chaque partie de la nature est capable d'épuiser nos recherches, sans pouvoir pénétrer toutes les merveilles de sa construction. On se perd ensuite entièrement, si l'on considère comment toutes les matières, la terre, l'eau, l'air et la chaleur concourent à produire tous les corps organisés, et comme enfin l'arrangement de

tous les corps célestes ne pouvait être mieux fait pour remplir tous ces desseins particuliers.

Après ces réflexions, V. A. aura peine à croire qu'il y ait jamais eu des hommes qui eussent soutenu que tout le monde n'était qu'un ouvrage de pur hasard, sans aucun dessein. Il y en a cependant eu de tout temps, et il y en a encore qui le soutiennent; mais ce sont toujours de ces gens qui n'ont aucune connaissance solide de la nature, ou plutôt que la crainte d'être obligés de reconnaître un Être suprême a précipités dans cette extravagance. Or, nous sommes convaincus qu'il y a un Être suprême qui a créé l'univers entier, et je viens de faire remarquer, pour ce qui regarde les corps, que tout a été créé dans la plus grande perfection.

Mais pour les esprits, la méchanceté des hommes semble y donner atteinte, parce qu'elle n'est que trop capable d'introduire les plus grands maux dans le monde, et que ces maux ont de tout temps paru incompatibles avec la souveraine bonté de Dieu. C'est ce qui arme ordinairement les incrédules contre la religion et l'existence de Dieu. Ils disent : Si Dieu était l'auteur du monde, il serait aussi l'auteur des maux qui s'y trouvent, et par conséquent aussi des péchés; ce qui renverserait la religion.

La question sur l'origine des maux, et comment ils peuvent subsister avec la bonté souveraine de Dieu, a toujours tourmenté tant les philosophes que les théologiens. Quelques-uns ont tâché d'en donner une explication; mais la plupart n'ont satisfait qu'à eux-mêmes. D'autres se sont égarés jusqu'à

soutenir que Dieu était effectivement l'auteur de tous les maux et des péchés, en protestant cependant que leur sentiment ne devait porter aucune atteinte à la bonté et à la sainteté de Dieu. D'autres enfin regardent cette question comme un mystère incompréhensible pour nous; et ces derniers embrassent sans doute le meilleur parti.

Dieu est souverainement bon et saint; Dieu est l'auteur du monde; le monde fourmille de maux et de péchés. Ce sont trois vérités qu'il paraît difficile d'accorder entre elles; mais il me semble qu'une grande partie de ces difficultés s'évanouit dès qu'on se forme une juste idée des esprits et de la liberté qui leur est si essentielle, que Dieu même ne saurait les en dépouiller.

Dieu ayant créé les esprits et les âmes des hommes, je remarque d'abord que les esprits sont des êtres infiniment plus excellents que les corps, et qu'ils constituent la principale partie de ces corps. Ensuite, au moment de la création les esprits étaient tous bons, puisque de mauvaises inclinations demandent quelque temps pour se former : il n'y a donc aucun inconvénient de dire que Dieu a créé les esprits. Mais comme il est de l'essence des esprits d'être libres, et que la liberté ne saurait subsister sans la possibilité ou le pouvoir de pécher, créer les esprits avec le pouvoir de pécher n'est pas contraire à la perfection de Dieu, parce qu'il n'est pas possible de créer un esprit sans ce pouvoir.

Dieu a aussi tout fait pour prévenir le péché, en prescrivant aux esprits des commandements dont

l'observation les rendrait toujours bons et heureux. Il n'y a pas d'autre moyen d'agir avec les esprits, sur lesquels aucune contrainte ne peut avoir lieu. Donc, si quelques esprits ont transgressé depuis ces commandements, ils en sont eux-mêmes responsables et coupables, et Dieu n'y a aucune part.

Il ne reste plus que cette objection, qu'il aurait mieux valu de ne pas créer ces esprits que Dieu avait prévu devoir tomber dans le péché; mais cela surpasse beaucoup notre intelligence, et nous ne savons pas si la *défection* de ces esprits aurait pu subsister avec le plan du monde. Nous savons même, par l'expérience, que la méchanceté des hommes contribue souvent beaucoup à corriger les autres, et à les conduire au bonheur. Cette seule considération est suffisante pour justifier l'existence des esprits méchants. D'ailleurs, puisque Dieu est le maître des suites que les hommes méchants entraînent après eux, chacun peut être assuré que, s'il se conduit conformément aux commandements de Dieu, tous les événements qui lui arrivent, quelque malheureux qu'ils puissent lui paraître d'abord, seront toujours dirigés par la Providence, en sorte qu'ils aboutissent enfin à son vrai bonheur.

*** La providence de Dieu, qui s'étend à chaque individu en particulier, donne en même temps la solution la plus solide de la question sur la permission et l'origine du mal. C'est aussi sur cela qu'est fondée toute la religion, dont le but unique est de conduire les hommes à leur salut.

LETTRE XXII.

(3 janvier 1761.)

Connexion des considérations précédentes avec la religion, et réponse aux objections que presque tous les systèmes philosophiques fournissent contre la prière.

Avant que de continuer mes considérations sur la philosophie et sur la physique, il est de la dernière importance d'en faire remarquer à V. A. la connexion avec la religion.

Quelque bizarres et absurdes que soient les sentiments d'un philosophe, il en est tellement entêté, qu'il n'admet aucun sentiment ou dogme dans la religion, qui ne soit conforme avec son système de philosophie ; et c'est de là qu'ont tiré leur origine la plupart des sectes et des hérésies dans la religion. Plusieurs systèmes philosophiques sont réellement en contradiction avec la religion ; mais alors les vérités divines devraient bien l'emporter sur les rêveries humaines, si l'orgueil des philosophes n'y mettait aucun obstacle. Or, si la vraie philosophie semble quelquefois contraire à la religion, cette contradiction n'est qu'apparente, et il ne faut jamais se laisser éblouir par des objections.

Je vais entretenir V. A. sur une objection que presque tous les systèmes philosophiques fournissent contre la prière. La religion nous prescrit ce devoir,

avec l'assurance que Dieu exaucera nos vœux et nos prières, pourvu qu'ils soient conformes aux règles qu'il nous a données. D'un autre côté, la philosophie nous enseigne que tous les événements de ce monde arrivent conformément au cours de la nature établi dès le commencement, et que nos prières n'y sauraient occasionner aucun changement, à moins qu'on ne veuille prétendre que Dieu fasse des miracles continuels en faveur de nos prières. Cette objection est d'autant plus forte, que la révélation même nous assure que Dieu a établi le cours tout entier de tous les événements dans le monde, et que rien ne saurait arriver que Dieu ne l'ait prévu de toute éternité. Est-il donc croyable, dit-on, que Dieu veuille changer ce cours établi, en faveur de toutes les prières que les fidèles lui adressent? C'est ainsi que les incrédules tâchent de combattre notre confiance.

Mais je remarque d'abord que quand Dieu a établi le cours du monde, et qu'il a arrangé tous les événements qui devaient y arriver, il a eu en même temps égard à toutes les circonstances qui accompagneraient chaque événement, et en particulier aux dispositions, aux vœux et aux prières de chaque être intelligent; et que l'arrangement de tous les événements a été mis parfaitement d'accord avec toutes ces circonstances. Donc, quand un fidèle adresse à présent à Dieu une prière digne d'être exaucée, il ne faut pas s'imaginer que cette prière ne parvient qu'à présent à la connaissance de Dieu. Il a déjà entendu cette prière depuis l'éternité; et puisque ce père miséricordieux l'a jugée digne d'être exaucée, il a arrangé

exprès le monde en faveur de cette prière, en sorte que l'accomplissement fût une suite du cours naturel des événements. C'est ainsi que Dieu exauce les prières des fidèles sans faire des miracles; quoiqu'il n'y ait aucune raison de nier que Dieu ait fait et fasse encore quelquefois de vrais miracles.

Donc, l'établissement du cours du monde une fois fixé, loin de rendre inutiles nos prières, comme les esprits forts le prétendent, il augmente plutôt notre confiance, en nous apprenant cette vérité consolante, que toutes nos prières ont été déjà présentées dès le commencement au pied du trône du Tout-Puissant, et qu'elles ont été placées dans le plan du monde, comme des motifs sur lesquels les événements devaient être réglés, conformément à la sagesse infinie du Créateur.

Voudrait-on croire que notre condition serait meilleure, si Dieu n'avait aucune connaissance de nos prières avant que nous les fissions, et qu'il voulût alors en notre faveur renverser l'ordre de la nature? Cela serait bien contraire à la sagesse de Dieu, et affaiblirait ses perfections adorables. N'aurait-on pas raison de dire alors que ce monde était un ouvrage très-imparfait? que Dieu aurait bien voulu favoriser les vœux des fidèles, mais que, ne les ayant point prévus, il était réduit à interrompre le cours de la nature à chaque instant, à moins qu'il ne veuille tout à fait négliger les besoins des êtres intelligents qui constituent pourtant la principale partie du monde? Car à quoi bon d'avoir créé ce monde matériel, rempli des plus grandes merveilles, s'il n'y avait

point d'êtres intelligents capables de l'admirer et d'en être ravis à l'adoration de Dieu, et à la plus étroite union avec leur Créateur, en quoi consiste sans doute leur plus grande félicité?

De là il faut absolument convenir que les êtres intelligents et leur salut doivent avoir été le principal objet sur lequel Dieu a réglé l'arrangement de ce monde; et nous pouvons être assurés que tous les événements qui arrivent dans ce monde se trouvent dans la plus merveilleuse liaison avec les besoins de tous les êtres intelligents, pour les conduire à leur véritable félicité. Cependant ici aucune contrainte ne saurait avoir lieu, à cause de la liberté, qui est aussi essentielle à tous les esprits que l'étendue l'est aux corps. Ainsi il ne faut pas être surpris qu'il y ait des êtres intelligents qui n'arriveront jamais à leur bonheur.

C'est dans cette liaison des esprits avec les événements du monde que consiste la Providence divine, à laquelle chacun a la consolation de participer; de sorte que chaque homme peut être assuré que de toute éternité il est entré dans le plan du monde, et que même tout ce qui lui arrive se trouve dans la plus étroite connexion avec ses besoins les plus pressants, et qui tendent à son salut. Combien cette considération doit-elle augmenter notre confiance et notre amour pour la Providence divine, sur laquelle est fondée toute la religion! d'où V. A. voit que, de ce côté, la philosophie ne porte aucune atteinte à la religion.

LETTRE XXIII.

(6 janvier 1761.)

Sur la liberté des êtres intelligents, et qu'elle n'est pas contraire aux dogmes de la religion chrétienne.

La liberté est une propriété si essentielle à tout être spirituel, que Dieu même ne l'en saurait dépouiller; tout de même qu'il ne saurait dépouiller un corps de son étendue ou inertie, sans le détruire ou l'anéantir entièrement : ainsi, ôter la liberté à un esprit, serait la même chose que de l'anéantir. Cela doit s'entendre de l'esprit ou de l'âme même, et non des actions du corps que l'âme y produit conformément à sa volonté. On n'aurait qu'à me lier les mains pour m'empêcher d'écrire, ce qui est sans doute un acte libre; mais en ce cas, quoiqu'on dise qu'on m'a ôté la liberté d'écrire, on n'a ôté qu'à mon corps la faculté d'obéir aux ordres de mon âme. Quelque lié que je sois, on ne saurait éteindre dans mon esprit la volonté d'écrire; on n'en peut empêcher que l'exécution.

Il faut toujours bien distinguer entre la volonté ou l'acte même de vouloir, et entre l'exécution qui se fait par le ministère du corps. L'acte même de vouloir ne saurait être arrêté par aucune force extérieure, ni même par celle de Dieu, puisque la liberté est indépendante de toute force extérieure. Mais il y a d'autres moyens d'agir sur les esprits,

c'est par des motifs dont le but est, non de contraindre, mais de persuader. Quelque décidé que soit un homme d'entreprendre une certaine action, quoiqu'on en empêche l'exécution, on ne change point sa volonté ni son intention; mais on pourrait lui exposer des motifs tels qu'ils l'engageraient à abandonner son dessein, le tout cependant sans aucune contrainte. Or, quelque forts que fussent ces motifs, l'homme demeure toujours le maître de vouloir; on ne saurait jamais dire qu'il y fut forcé ou contraint, et si on le disait, ce serait fort improprement; car le vrai terme serait celui de *persuader*, qui convient tellement à la nature et à la liberté des êtres intelligents, qu'on ne saurait s'en servir en toute autre occasion. Il serait, par exemple, ridicule, en jouant au billard, de dire que j'ai persuadé la bille d'entrer dans un trou.

Ce sentiment sur la liberté des esprits paraît cependant à quelques-uns contraire à la religion, ou plutôt à quelques passages de l'Écriture sainte, par lesquels on croit pouvoir soutenir que Dieu pourrait dans un moment changer le plus grand scélérat en un homme de bien. Or, cela ne me paraît pas seulement impossible, mais aussi contraire aux déclarations les plus solennelles de l'Écriture sainte. Car, puisque Dieu ne veut pas la mort du pécheur, mais qu'il se convertisse et qu'il vive, pourquoi donc, par un seul acte de sa volonté, ne convertirait-il pas tous les pécheurs? Serait-ce pour ne pas trop multiplier les miracles, comme quelques-uns disent? Mais jamais miracle n'aurait été

mieux employé et plus conformément aux vues de Dieu, qui tendent au bonheur des hommes. De là je conclus plutôt que, puisque cette conversion miraculeuse n'arrive pas, la raison en doit être dans la nature même des esprits; et c'est précisément la liberté, qui, par sa nature, ne saurait souffrir aucune contrainte, ni même de la part de Dieu. Mais, sans agir de force sur les esprits, Dieu a une infinité de moyens de leur représenter des motifs pour les persuader; et je crois que toutes les rencontres où nous pouvons nous trouver sont à dessein tellement ajustées à notre état par la Providence, que les plus grands scélérats pourraient en tirer les plus forts motifs pour leur conversion, s'ils voulaient les écouter, et je suis assuré qu'un miracle ne produirait pas un meilleur effet sur des esprits gâtés; ils en seraient bien frappés pour quelque temps, mais au fond ils n'en deviendraient pas meilleurs. C'est ainsi que Dieu concourt à la conversion des pécheurs, en leur fournissant les motifs les plus efficaces à ce dessein, par les circonstances ou les occasions qu'il leur fait rencontrer.

Si, par exemple, un pécheur, en entendant un beau sermon, en est frappé, rentre en soi-même et se convertit, l'acte de son âme est bien son propre ouvrage; mais l'occasion du sermon qu'il vient d'entendre, dans un temps précisément où il était disposé d'en profiter, n'est rien moins que son ouvrage; c'est la Providence divine qui lui a ménagé cette circonstance salutaire; et c'est dans ce sens-

là que la sainte Écriture attribue si souvent la conversion des pécheurs à la grâce divine. Car, en effet, sans une telle occasion, dont l'homme n'est pas le maître, il serait demeuré dans ses égarements.

V. A. comprendra facilement par là le sens de ces expressions : « L'homme ne peut rien de soi-« même, tout dépend de la grâce de Dieu, et c'est « lui qui opère le vouloir et l'exécution. » Les circonstances favorables que la Providence fournit aux hommes sont suffisantes pour éclaircir ces expressions, sans avoir besoin de recourir à une force cachée, qui agisse par contrainte sur la liberté des hommes.

Jugeons aussi de là des disputes fameuses entre les *pélagiens*, les *semi-pélagiens* et les *orthodoxes*. Les premiers ont soutenu que les pécheurs peuvent se convertir sans que la grâce divine y concoure. Les seconds veulent bien que cette grâce du Tout-Puissant y concoure, mais que les pécheurs mêmes y emploient aussi leurs forces. Mais les orthodoxes prétendent que l'homme n'y contribue rien du tout, et que la grâce divine y achève tout l'ouvrage entier. Selon les éclaircissements ci-dessus, on pourrait soutenir chacun de ces trois sentiments, pourvu qu'on éloigne tout sens absurde, ou qui dépouille les hommes de la liberté, ou qui attribue au hasard toutes les circonstances qu'ils rencontrent. C'est un article fondamental et très-essentiel à la religion, que toutes ces circonstances sont ménagées par Dieu, selon sa plus haute sa-

gesse, pour conduire au bonheur et au salut chaque être intelligent, en tant qu'il ne rejette pas entièrement les moyens par lesquels il pourrait arriver à la véritable félicité.

LETTRE XXIV.

(10 janvier 1761.)

Éclaircissements ultérieurs sur la nature des esprits.

Pour éclaircir mieux ce que je viens de remarquer sur la différence entre les corps et les esprits (car on ne saurait être trop attentif à ce qui constitue cette différence, qui s'étend même si loin, que les esprits n'ont rien de commun avec les corps, ni les corps avec les esprits), je vais encore ajouter les réflexions suivantes.

L'étendue, l'inertie et l'impénétrabilité sont des propriétés des corps; les esprits n'ont ni étendue, ni inertie, ni impénétrabilité. Pour l'étendue, tous les philosophes sont d'accord qu'elle ne saurait avoir lieu dans les esprits. La chose est claire d'elle-même, puisque tout ce qui est étendu est aussi divisible, ou bien on y peut concevoir des parties; or, un esprit n'est susceptible d'aucune division; on ne saurait concevoir la moitié ou le tiers d'un esprit. Tout esprit est plutôt un être entier qui exclut toutes parties; donc on ne saurait dire qu'un esprit ait de la longueur, de la largeur, ou de la pro-

fondeur. En un mot, tout ce que nous concevons dans l'étendue doit être exclu de l'idée d'un esprit. De là il semble que, puisque les esprits n'ont point de grandeur, ils sont semblables aux points géométriques, qui n'ont de même ni longueur, ni largeur, ni profondeur. Mais serait-ce une idée bien juste de se représenter un esprit comme un point? Les philosophes scolastiques ont été de ce sentiment, et se sont représenté les esprits comme des êtres infiniment petits, semblables à la poussière la plus subtile, mais doués d'une activité et d'une agilité inconcevable, par lesquelles ils seraient en état de sauter dans un instant aux plus grandes distances. A cause de cette extrême petitesse, ils ont soutenu que des millions d'esprits pourraient être renfermés dans le plus petit espace : ils ont même mis en question combien d'esprits pourraient danser sur la pointe d'une aiguille. Les sectateurs de Wolf sont à peu près dans le même sentiment. Selon eux, tous les corps sont composés de particules extrêmement petites, dépouillées de toute grandeur, et ils leur donnent le nom de *monades :* de sorte qu'une monàde est une substance sans aucune étendue : ou bien, en divisant un corps jusqu'à ce qu'on parvienne à des particules si petites qui ne soient susceptibles d'aucune division ultérieure, on parvient aux monades wolfiennes, qui ne diffèrent donc d'une poussière très-subtile que parce que les molécules de la poussière ne sont pas peut-être assez petites, et qu'il faudrait les diviser encore plus loin, pour obtenir les véritables monades.

Or, selon M. Wolf, non-seulement tous les corps sont composés de monades, mais aussi chaque esprit n'est autre chose qu'une monade; et même l'Être souverain, je n'ose presque le dire, est aussi une telle monade ; ce qui donne une idée peu magnifique de Dieu, des esprits et de nos âmes. Je ne saurais concevoir que mon âme ne soit qu'un être semblable aux dernières particules d'un corps, ou qu'elle ne soit presque qu'un point. Encore moins me paraît-il soutenable que plusieurs âmes prises et jointes ensemble pourraient former un corps; par exemple, un morceau de papier, avec lequel on pourrait allumer une pipe de tabac. Mais les partisans de ce sentiment se tiennent à cette raison, que puisqu'un esprit n'a aucune étendue, il faut bien qu'il soit semblable à un point géométrique. Tout revient donc à examiner si cette raison est solide ou non.

Je remarque d'abord que, puisqu'un esprit est un être d'une nature tout à fait différente de celle d'un corps, on n'y saurait même appliquer les questions qui supposent une grandeur; et il serait absurde de demander de combien de pieds ou de pouces un esprit est long, ou de combien de livres ou d'onces il est pesant. Ces questions ne peuvent être faites que sur des choses qui ont une longueur ou un poids : elles sont aussi absurdes que si, en parlant d'un temps, on voulait demander, par exemple, de combien de pieds une heure serait longue, ou combien de livres elle pèserait. Je puis toujours dire qu'une heure n'est pas égale à une ligne

de 100 pieds, ou de 10 pieds ou d'un pied, ni à aucune autre mesure ; mais il ne s'ensuit pas de là qu'une heure soit un point géométrique. Une heure est d'une nature tout à fait différente, et on ne saurait lui appliquer aucune question qui suppose une longueur exprimable par pieds ou par pouces.

Il en est de même d'un esprit. Je puis toujours dire hardiment qu'un esprit n'est pas de 10 pieds, ni de 100 pieds, ni d'aucun autre nombre de pieds; mais de là il ne s'ensuit pas qu'un esprit soit un point ; aussi peu qu'une heure soit un point, parce qu'elle ne peut être mesurée par pieds et par pouces. Un esprit n'est donc pas une monade, ou semblable aux dernières particules dans lesquelles les corps peuvent être divisés ; et V. A. comprendra maintenant très-bien qu'un esprit peut n'avoir aucune étendue, sans pour cela être un point ou une monade. Il faut donc éloigner toute idée d'étendue de l'idée d'un esprit.

Ce sera donc aussi une question absurde de demander en quel lieu un esprit existe ; car, dès qu'on attache un esprit à un lieu, on lui suppose une étendue. Je ne saurais dire non plus en quel lieu se trouve une *heure*, quoiqu'une heure soit sans doute quelque chose ; ainsi quelque chose peut être, sans qu'elle soit attachée à un certain lieu. De la même manière je puis dire que mon âme n'existe pas dans ma tête, ni hors de ma tête, ni en quelque lieu que ce soit, sans qu'on en puisse tirer la conséquence que mon âme n'existe point du tout ; aussi peu que l'heure d'à présent, dont je puis dire

véritablement qu'elle n'existe ni dans ma tête, ni hors de ma tête. Un esprit existe donc, sans qu'il existe dans un certain lieu; mais si nous faisons réflexion au pouvoir qu'un esprit peut avoir d'agir sur un certain corps, cette action se fait sans doute dans un certain lieu.

Ainsi, mon âme n'existe pas dans un certain lieu, mais elle agit dans un certain lieu; et puisque Dieu a le pouvoir d'agir sur tous les corps, c'est à cet égard qu'on dit que Dieu est partout, quoique son existence ne soit attachée à aucun lieu.

LETTRE XXV.

(13 janvier 1761.)

Continuation sur le même sujet, et réflexions sur l'état des âmes après la mort.

V. A. trouvera bien étrange le sentiment que je viens d'avancer, que les esprits, en vertu de leur nature, ne sont nulle part. En prononçant ces mots, je risquerais d'être pris pour un homme qui nie l'existence des esprits, et par conséquent aussi celle de Dieu. Mais j'ai déjà fait sentir qu'une chose peut exister et avoir de la réalité, sans qu'elle soit attachée à aucun endroit. Le faible exemple tiré d'une heure lève les plus grandes difficultés, quoiqu'il y ait d'ailleurs encore une différence infinie entre une heure et un esprit.

Cette idée que je me forme des esprits me paraît infiniment plus noble que celle de ceux qui regardent les esprits comme des points géométriques, et qui renferment même Dieu dans cette classe. Qu'y a-t-il de plus choquant que de confondre tous les esprits, et même Dieu, avec les plus petites particules dans lesquelles un corps peut être divisé, et les ranger dans la même classe avec ces chétives particules, qui ne deviennent pas plus nobles par le nom savant de *monades* ?

Être dans un certain lieu est un attribut qui ne convient qu'à des choses corporelles ; et puisque les esprits sont d'une tout autre nature, on ne doit pas être surpris quand on dit que les esprits ne se trouvent dans aucun lieu, ou, ce qui signifie la même chose, nulle part ; et, d'après ces éclaircissements, je ne crains point de reproches à cet égard. C'est par là que j'élève la nature des esprits infiniment au-dessus de celle des corps. Tout esprit est un être pensant, réfléchissant, raisonnant, délibérant, agissant librement, et en un mot vivant ; pendant que le corps n'a d'autres qualités que d'être étendu, susceptible de mouvement et impénétrable ; d'où résulte cette qualité universelle, que chaque corps demeure dans le même état, tant qu'il n'y a point de danger qu'il arrive quelque pénétration : et, dans ce cas où les corps se pénétreraient, s'ils continuaient à demeurer dans leur état, leur *impénétration* même fournit les forces nécessaires pour changer leur état autant qu'il le faut pour prévenir toute pénétration. C'est

en quoi consistent tous les changements qui arrivent dans les corps : tout n'y est que passif, et tout y arrive nécessairement, et conformément aux lois du mouvement. Dans les corps il n'y a ni intelligence, ni volonté, ni liberté; ce sont les qualités éminentes des esprits, pendant que les corps n'en sont pas même susceptibles.

C'est aussi des esprits que, dans le monde corporel, les principaux événements et les belles actions tirent leur origine; et cela arrive par l'action et l'influence que les âmes des hommes ont chacune sur leur corps. Or, cette puissance que chaque âme a sur son corps ne saurait être regardée que comme un don de Dieu, qui a établi cette merveilleuse liaison entre les âmes et les corps : et puisque mon âme se trouve dans une telle liaison avec une certaine particule de mon corps cachée dans le cerveau, je puis bien dire que le siége de mon âme est au même endroit, quoiqu'à proprement parler mon âme n'existe nulle part, et ne se rapporte à cet endroit qu'en vertu de son action et de son pouvoir. C'est aussi l'influence de l'âme sur le corps qui en constitue la vie, qui dure aussi longtemps que cette liaison subsiste, ou que l'organisation du corps demeure dans son entier. La mort n'est donc autre chose que la destruction de cette liaison; ensuite l'âme n'a pas besoin d'être transportée autre part; car puisqu'elle n'est nulle part, elle est indifférente à tous les lieux; et, par conséquent, s'il plaisait à Dieu d'établir après ma mort une nouvelle liaison entre mon âme et un

corps organisé dans la lune, je serais dès l'instant dans la lune, sans avoir fait aucun voyage; et même si à l'heure qu'il est Dieu accordait à mon âme aussi un pouvoir sur un corps organisé dans la lune, je serais également ici et dans la lune, et il n'y aurait en cela aucune contradiction. Ce ne sont que les corps qui ne peuvent être en même temps à deux endroits; mais, pour les esprits, qui n'ont aucun rapport aux lieux en vertu de leur nature, rien n'empêche qu'ils ne puissent agir à la fois sur plusieurs corps situés dans des endroits fort éloignés entre eux; et à cet égard on pourrait bien dire qu'ils se trouvent à la fois dans tous ces endroits.

Cela nous fournit un bel éclaircissement pour concevoir comment Dieu est partout; c'est que son pouvoir s'étend à tout l'univers et à tous les corps qui s'y trouvent. Par cette raison il me semble qu'il ne serait pas bien de dire que Dieu existât partout, puisque l'existence d'un esprit ne se rapporte à aucun endroit: il faudrait plutôt dire que Dieu est présent partout; et c'est aussi le langage de la révélation.

Qu'on compare maintenant cette idée avec celle des Wolfiens, qui, représentant Dieu sous la forme d'un point, l'attachent à un certain lieu (1), puisque, en effet, un point ne saurait être à la fois en plusieurs lieux; et comment pourrait-on concilier

(1) Quoi de plus opposé à la doctrine de Leibnitz que de représenter Dieu sous la forme d'un *point*, attaché à un certain *lieu!* Euler prête trop souvent aux leibnitziens des absurdités grossières, bien indignes de leur illustre maître.

la toute-présence avec l'idée d'un point, et encore moins la toute-puissance?

La mort étant une dissolution de l'union qui subsiste entre l'âme et le corps pendant la vie, on peut se former quelque idée de l'état de l'âme après la mort. Comme l'âme pendant la vie tire toutes ses connaissances par le moyen des sens, étant dépouillée par la mort de ce rapport des sens, elle n'apprend plus rien de ce qui se passe dans le monde matériel; elle parvient à peu près dans le même état où se trouverait un homme qui serait devenu tout d'un coup aveugle, sourd, muet, et privé de l'usage de tous les autres sens. Cet homme conserverait bien les connaissances qu'il aurait acquises par le secours des sens, et il pourrait bien continuer à y faire ses réflexions; surtout les propres actions qu'il a commises lui en fourniraient un grand sujet; enfin la faculté de raisonner lui resterait bien entière, puisque le corps n'y concourt en aucune manière.

Le sommeil nous fournit aussi un bel échantillon de cet état, parce que l'union entre l'âme et le corps y est en grande partie interrompue, quoique l'âme ne laisse pas alors d'être active et de s'occuper à ses rêveries, qui fournissent les songes. Pour l'ordinaire les songes sont fort troublés par le reste de l'influence que les sens ont encore sur l'âme; et on sait par l'expérience que plus cette influence est arrêtée, ce qui arrive dans un sommeil très-profond, plus aussi les songes sont réguliers et liés. Ainsi après la mort nous nous trouve-

rons dans un état des songes les plus parfaits, que rien ne sera plus capable de troubler; ce seront des représentations et des raisonnements parfaitement bien soutenus. Et c'est, à mon avis, à peu près tout ce que nous saurions en dire de positif.

LETTRE XXVI.

(17 janvier 1761.)

Considérations plus détaillées sur l'action de l'âme sur le corps, et réciproquement du corps sur l'âme.

L'âme étant la principale partie de notre être, elle vaut bien la peine que nous tâchions d'en approfondir les opérations. V. A. se rappellera que l'union entre l'âme et le corps renferme une double influence : par l'une l'âme aperçoit et sent tout ce qui se passe dans un certain endroit du cerveau, et par l'autre elle a le pouvoir d'agir sur cette même partie du cerveau et d'y produire certains mouvements. Les anatomistes se sont donné bien de la peine pour découvrir cet endroit du cerveau qu'on a raison de nommer le siége de l'âme; non que l'âme s'y trouve actuellement, puisqu'elle n'est renfermée dans aucun lieu, mais parce que le pouvoir d'agir y est attaché. On peut dire que l'âme y est présente, mais non qu'elle y existe, ou que son existence y soit bornée. Cet endroit du cerveau est sans doute celui où tous les nerfs aboutissent; or,

les anatomistes prétendent que cela se fait dans une certaine partie du cerveau qu'ils nomment le *corps calleux*. C'est donc ce corps calleux que nous pouvons regarder comme le siége de l'âme; et le Créateur a accordé à chaque âme un tel pouvoir sur le corps calleux de son corps, qu'elle y aperçoit non-seulement tout ce qui se passe, mais qu'elle y peut produire certaines impressions. Nous devons donc reconnaître ici une double action : l'une par laquelle le corps agit sur l'âme, et l'autre par laquelle l'âme agit sur le corps; mais ces actions sont infiniment différentes de celles où les corps agissent sur les corps.

Par cette union de l'âme avec le corps calleux elle se trouve dans la plus étroite liaison avec le corps tout entier, par le moyen des nerfs qui sont distribués par tout le corps. Or, les nerfs sont des fibres si merveilleuses, et, selon toute apparence, remplies d'un fluide extrêmement subtil; de sorte que le moindre changement qu'ils éprouvent à une extrémité est dans le même instant communiqué à l'autre extrémité dans le cerveau, où est le siége de l'âme. Réciproquement, la moindre impression que l'âme fait sur les extrémités des nerfs dans le corps calleux se transmet dans un instant par toute l'étendue de chaque nerf; et c'est par ce moyen que les muscles et les membres de notre corps sont mis en mouvement, et obéissent aux ordres de l'âme.

Cette merveilleuse construction de notre corps le met dans une fort étroite liaison avec tous les objets extérieurs tant voisins qu'éloignés; ceux-là

peuvent agir sur notre corps, ou par l'attouchement immédiat, comme il arrive dans le toucher et le goût, ou par leurs exhalaisons sur l'odorat. Les corps les plus éloignés agissent sur l'ouïe, lorsqu'ils frémissent, et excitent dans l'air des vibrations qui viennent frapper nos oreilles; ensuite ils agissent aussi sur la vue, lorsqu'ils sont éclairés et qu'ils transmettent des rayons de lumière dans nos yeux, lesquels consistent pareillement dans une certaine vibration causée dans ce milieu plus subtil que l'air, qu'on nomme éther. C'est ainsi que les corps tant voisins qu'éloignés peuvent agir sur les nerfs de notre corps, et causer certaines impressions dans le corps calleux, d'où l'âme tire ses perceptions.

De tout ce qui fait donc une impression sur nos nerfs, il résulte un certain changement dans le cerveau, dont l'âme s'aperçoit, et en acquiert l'idée de l'objet qui a causé ce changement. Il y a donc ici deux choses à examiner : l'une est corporelle ou matérielle, c'est l'impression ou le changement causé dans le corps calleux du cerveau ; l'autre est immatérielle ou spirituelle, c'est la perception ou la connaissance que l'âme en tire. C'est pour ainsi dire la contemplation de ce qui se passe dans le corps calleux, d'où toutes nos connaissances tirent leur origine.

V. A. me permettra d'entrer dans un plus grand détail sur cet article important. Ne considérons d'abord qu'un seul sens, comme celui de l'odorat, qui, étant le moins compliqué, paraît le plus pro-

pre pour nous guider dans nos recherches. Que tous les autres sens soient supposés bouchés, et qu'on approche une rose du nez; les exhalaisons de cette fleur exciteront d'abord une certaine agitation dans les nerfs du nez, qui étant transmise jusqu'au corps calleux y causera aussi quelque changement; et c'est en quoi consiste le matériel qui arrive à cette occasion. Ce petit changement causé dans le corps calleux est ensuite aperçu de l'âme, et elle en acquiert l'idée de l'odeur d'une rose; c'est ici le spirituel qui arrive, et nous ne saurions expliquer la manière comment cela se fait, puisqu'elle dépend de l'union miraculeuse que le Créateur a établie entre l'âme et le corps. Il est certain cependant que lorsque ce changement se fait dans le corps calleux, il naît dans l'âme l'idée de l'odeur d'une rose, ou bien la contemplation de ce changement fournit à l'âme une certaine idée, qui est celle de l'odeur de la rose, mais rien au delà; car, puisque les autres sens sont fermés, l'âme ne saurait juger de la nature de l'objet même qui a occasionné cette idée; ce n'est que cette seule idée de l'odeur de la rose qui s'excite dans l'âme. Nous comprenons de là que l'âme ne se forme pas elle-même cette idée, qui lui serait demeurée inconnue sans la présence d'une rose. Il y a plus : l'âme n'est pas indifférente à cet égard, la perception de cette idée lui est agréable; l'âme en quelque manière y est intéressée elle-même. Aussi dit-on que l'âme sent l'odeur de la rose, et cette perception se nomme *sensation*.

Il en est de même de tous les autres sens; chaque objet dont ils sont frappés excite dans le corps calleux un certain changement, que l'âme observe avec un certain sentiment agréable ou désagréable, et elle en tire une idée proportionnée à l'objet qui en est la cause. Cette idée est accompagnée d'une sensation, qui est d'autant plus forte et plus sensible que l'impression sur le corps calleux sera vive. C'est ainsi que l'âme, en contemplant les changements causés dans le corps calleux, acquiert des idées et en est affectée; et c'est ce qu'on entend sous le nom de sensation.

LETTRE XXVII.

(20 janvier 1761.)

Sur les facultés de l'âme et sur le jugement.

Si nous n'avions d'autre sens que l'odorat, nos connaissances seraient bien bornées : nous n'aurions d'autres sensations que des odeurs, dont la diversité, quelque grande qu'elle puisse être, n'intéresserait pas beaucoup notre âme, si ce n'est que les odeurs agréables lui causeraient quelque plaisir, et les désagréables quelque déplaisir.

Mais cette même circonstance nous conduit à une question très-importante : D'où vient qu'une odeur nous est agréable, et une autre désagréable? Il n'y a aucun doute que les odeurs agréables ne produisent

dans les corps calleux une autre agitation que les odeurs désagréables; mais pourquoi une agitation dans les corps calleux peut-elle plaire à l'âme, pendant qu'une autre lui déplaît, et lui est souvent même insupportable? La cause de cette différence ne réside plus dans le corps et la matière, il faut la chercher dans la nature même de l'âme, qui jouit d'un certain plaisir à sentir certaines agitations, pendant que d'autres lui causent de la peine; et par cette raison la véritable cause nous est inconnue.

Nous comprenons par là que l'âme fait plus que simplement apercevoir ce qui se passe dans le cerveau ou le corps calleux; elle joint à la sensation un jugement sur l'agréable et le désagréable, et par conséquent elle exerce, outre la faculté d'apercevoir, encore une autre faculté différente, qui est celle de juger; et ce jugement est tout à fait différent de la simple idée d'une odeur (1).

La même considération du seul sens de l'odorat nous découvre encore d'autres actions de l'âme. Dès que les odeurs changent, ou qu'on présente au nez un œillet après une rose, l'âme aperçoit non-seulement l'une et l'autre odeur, mais elle remarque aussi une différence. De là nous voyons que l'âme conserve encore l'idée précédente, pour la conserver avec la suivante; c'est en quoi consiste la *réminiscence* ou la *mémoire*, par laquelle nous pouvons rappeler les idées précédentes et passées. Or, la véritable

(1) C'est improprement qu'Euler qualifie de *jugement* l'affection agréable ou désagréable qui accompagne la sensation.

source de la mémoire nous est encore entièrement cachée. Nous savons bien que le corps y a beaucoup de part, puisque l'expérience nous apprend que des maladies et d'autres accidents arrivés au corps affaiblissent et détruisent souvent la mémoire; cependant il est également certain que le rappel des idées est un ouvrage propre de l'âme. Une idée rappelée est essentiellement différente d'une idée actuellement excitée par un objet. Je me souviens bien du soleil que j'ai vu aujourd'hui, mais cette idée diffère beaucoup de celle que j'ai eue en regardant le soleil.

Quelques auteurs prétendent que quand on rappelle une idée, il arrive dans le cerveau une agitation semblable à celle qui a fait naître cette idée; mais si cela était, je verrais actuellement le soleil, ce ne serait plus l'idée rappelée. Ils disent bien que l'agitation qui accompagne l'idée rappelée est beaucoup plus faible que l'actuelle; mais cela ne me satisfait pas non plus : il s'ensuivrait que quand je me rappelle l'idée du soleil, ce serait autant que si je voyais la lune, dont la lumière, comme V. A. se souviendra, est environ 200 000 fois plus faible que celle du soleil. Mais voir la lune actuellement, et se souvenir simplement du soleil, sont deux choses tout à fait différentes. Nous pouvons bien dire que les idées rappelées sont les mêmes que les actuelles, mais cette identité ne se rapporte qu'à l'âme : à l'égard du corps, l'idée actuelle est accompagnée d'une certaine agitation dans le cerveau, pendant que la rappelée en est destituée. Aussi dit-on que l'idée que je sens actuellement, ou qu'un objet qui agit sur mes sens

excite dans mon âme, est une sensation; mais on ne saurait dire qu'une idée rappelée soit une sensation. Souvenir et sentir demeurent toujours deux choses infiniment différentes.

Donc, lorsque l'âme compare entre elles deux odeurs différentes, l'une, dont elle a l'idée actuellement par la présence d'un objet qui agit sur le sens de l'odorat, et l'autre, qu'elle a eue autrefois et *dont* elle se rappelle à présent, elle a en effet deux idées à la fois, l'idée actuelle et l'idée rappelée; et en prononçant laquelle lui est plus ou moins agréable ou désagréable, elle déploie une faculté particulière, distinguée de celle par laquelle elle ne fait que contempler ce qui se présente dans son siége ou dans le corps calleux.

Mais l'âme exerce encore d'autres opérations lorsqu'on lui présente successivement plusieurs odeurs; car pendant qu'elle est frappée de chacune, elle se souvient des précédentes, et de là elle acquiert une notion du passé et du présent, et même du futur, en tant qu'elle entend parler de nouvelles sensations semblables à celles qu'elle vient d'éprouver. Elle en tire aussi l'idée de la succession, en tant qu'elle sent successivement d'autres impressions; et de là résulte l'idée de la *durée* et du *temps*; et en remarquant la diversité des sensations qui se succèdent l'une à l'autre, elle commence à compter *un, deux, trois,* etc., quoique cela n'aille pas loin, à cause du défaut de signes ou de noms pour marquer les nombres. Car je suppose ici un homme qui ne commence qu'à exister, et qui n'a encore éprouvé d'autres sensations

que celles dont je viens de parler : il est encore fort éloigné de l'usage de la langue; il ne sait que déployer ses premières facultés sur les simples idées que le sens de l'odorat lui présente.

V. A. voit donc que cet homme est déjà parvenu à se former des idées de la diversité, du présent, du passé, et même du futur; ensuite, de la succession, de la durée du temps et des nombres, au moins les plus simples. Quelques auteurs prétendent que cet homme ne saurait acquérir l'idée de la durée du temps, sans une succession de diverses sensations; mais il me semble que la même sensation, par exemple l'odeur de la rose, lui étant continuée longtemps, il en serait autrement affecté que si cette sensation ne durait que peu de temps. Une fort longue durée de la même sensation lui causerait enfin l'ennui, ce qui exciterait en lui nécessairement l'idée de la durée. Il faut bien convenir que l'âme de cet homme éprouvera un autre effet lorsque la même sensation dure longtemps, que lorsqu'elle ne dure qu'un moment; et l'âme s'apercevra bien de cette différence : elle aura donc quelque idée de la durée et du temps, sans que les sensations varient.

Ce sont des réflexions que l'âme fait à l'occasion de ses sensations, et qui appartiennent proprement à la *spiritualité* de l'âme, le corps ne lui fournissant que de simples sensations. Or, déjà leur perception est un acte de la spiritualité de l'âme; car un corps ne saurait jamais acquérir des idées, et encore moins y faire des réflexions.

LETTRE XXVIII.

(24 janvier 1761.)

Sur la conviction de l'existence de ce que nous apercevons par les sens. Des idéalistes, égoïstes et matérialistes.

Dans toutes les sensations que nous éprouvons lorsque quelqu'un de nos sens est frappé par quelque objet, il est très-important de remarquer que notre âme acquiert non-seulement une idée conforme à l'impression faite sur nos nerfs, mais qu'elle juge, en même temps, qu'il existe actuellement hors de nous un objet qui nous a fourni cette idée. Quelque naturel que cela nous paraisse, il ne laisse pas d'être bien surprenant quand nous examinons plus soigneusement ce qui se passe alors dans notre cerveau. Un exemple mettra cela dans tout son jour. Je supposerai que V. A. regarde de nuit vers la pleine lune, et d'abord les rayons qui entrent dans ses yeux y peindront sur la rétine une image semblable à la lune : c'est que les moindres particules de la rétine sont mises par les rayons dans une vibration semblable à celle qui règne dans les rayons de la lune. Or, la rétine n'étant qu'un tissu extrêmement subtil de nerfs, V. A. comprend que ces mêmes nerfs en souffriront une certaine agitation, qui sera transmise jusqu'à l'origine des nerfs dans le fond du cerveau, ou bien dans le corps calleux où est le

siége de l'âme. Il y arrivera donc aussi une certaine agitation, qui est le véritable objet que l'âme contemple et dont elle puise une certaine connaissance, qui est l'idée de la lune. Par conséquent l'idée de la lune n'est autre chose que la contemplation de cette légère agitation qui est arrivée dans l'origine des nerfs.

L'activité de l'âme est tellement attachée à cet endroit où les nerfs aboutissent, qu'elle ne sait absolument rien des images dépeintes au fond de ses yeux, et encore moins de la lune, dont les rayons ont formé ces images. Cependant l'âme ne se contente point de la seule spéculation de l'agitation dans le cerveau, qui lui fournit immédiatement l'idée de la lune; mais elle y joint le jugement qu'il existe hors de nous réellement un objet que nous nommons la *lune*. Ce jugement se réduit au raisonnement suivant.

Il arrive dans mon cerveau une certaine agitation ou impression; je ne sais absolument point par quelle cause elle a été produite, puisque je ne sais même rien des images sur la rétine, qui en sont la cause immédiate; nonobstant cela, je prononce hardiment qu'il y a hors de moi un corps, savoir, la lune, qui m'a fourni cette sensation.

Quelle conséquence! Ne serait-il pas plus probable que cette agitation ou impression dans mon cerveau fût produite par quelque cause interne, comme le mouvement du sang, ou peut-être par un pur hasard? De quel droit en puis-je donc conclure que la lune existe réellement? Si j'en concluais qu'il y a au fond de mon œil une certaine

image, cela pourrait passer, puisqu'en effet cette image est la cause immédiate de l'impression arrivée dans le cerveau, quoique cette conclusion fût déjà assez hardie. Mais je vais beaucoup plus loin; et de ce qu'il y a une certaine agitation dans mon cerveau, j'avance la conclusion qu'il existe hors de mon corps, même dans le ciel, un corps qui est la première cause de ladite impression, et que ce corps est la lune.

Dans le sommeil, quand nous songeons voir la lune, l'âme acquiert la même idée, et peut-être se fait-il alors une semblable agitation dans le cerveau, puisque l'âme s'imagine alors voir réellement la lune. Or, il est certain que nous nous trompons alors; mais quelle assurance avons-nous que notre jugement est mieux fondé quand nous veillons? C'est une grande difficulté, sur laquelle plusieurs philosophes se sont terriblement égarés.

Ce que je viens de dire sur la lune a également lieu à l'égard de tous les corps que nous voyons. On ne voit aucune conséquence pourquoi des corps hors de nous devraient exister, par la seule raison que notre cerveau éprouve certaines agitations ou impressions. Cela regarde même nos propres membres et notre corps tout entier, dont nous ne connaissons rien que par le moyen des sens, et quelques légères impressions qui en sont faites dans le cerveau : donc, si ces impressions et les idées que l'âme en tire ne prouvent rien pour l'existence des corps, l'existence de notre propre corps devient également douteuse.



De là V. A. ne sera pas surprise qu'il y ait eu des philosophes qui ont nié hautement l'existence de tous les corps; et en effet, il est très-difficile de les réfuter. Ils tirent une preuve bien forte des songes, où nous nous imaginons voir tant de corps qui n'existent point. On dit bien que ce n'est alors qu'une illusion; mais qui nous garantit qu'en veillant nous ne soyons pas assujettis à la même illusion? Selon ces philosophes, ce n'est pas même une illusion : l'âme aperçoit bien une certaine impression ou idée, mais ils nient hautement qu'il s'ensuive que des corps qui répondent à ces idées existent réellement; il est aussi presque impossible de montrer cette connaissance. On nomme les philosophes de ce sentiment, *idéalistes*, puisqu'ils n'admettent que les idées des choses matérielles, en niant absolument leur existence; on les pourrait aussi nommer *spiritualistes*, puisqu'ils soutiennent qu'il n'existe d'autres êtres que des esprits.

Or, comme nous ne connaissons les autres esprits q e par le moyen des sens ou des idées, il y a des philosophes qui vont jusqu'à nier l'existence de laquelle chacun est pleinement convaincu. Ils sont nommés *égoïstes*, puisqu'ils prétendent que rien n'existe, excepté leur âme.

Ces philosophes sont opposés à ceux qu'on nomme *matérialistes*, qui nient l'existence de tous les esprits, et soutiennent que tout ce qui existe est la matière, et que ce que nous nommons notre âme, n'est qu'une matière très-subtile, et par là capable de penser. Ce sentiment est beaucoup plus absurde

que celui des premiers, et on a des arguments invincibles pour le renverser; pendant qu'on attaque inutilement les idéalistes et les égoïstes.

LETTRE XXIX.

(27 janvier 1761.)

Réfutation du sentiment des idéalistes.

Je souhaiterais pouvoir fournir à V. A. les armes nécessaires pour combattre les idéalistes et les égoïstes, et démontrer qu'il existe une liaison réelle entre nos sensations et les objets mêmes qui en sont représentés; mais plus j'y pense, plus je dois avouer mon insuffisance.

Pour les égoïstes, ce serait même ridicule de vouloir s'engager avec eux; car un homme qui s'imagine qu'il existe tout seul, et ne veut pas croire que j'existe, agirait contre son système s'il écoutait mes raisons, qui, selon lui, seraient des raisons d'un rien. Mais il est aussi difficile de disputer avec les idéalistes, et il me semble même impossible de convaincre sur l'existence des corps un homme qui s'obstine à la nier. Je doute que ces philosophes agissent de bonne foi; cependant il serait bien à souhaiter que nous eussions des raisons assez fortes pour nous convaincre nous-mêmes que, toutes les fois que notre âme éprouve certaines sensations, on en peut sûrement conclure qu'il existe aussi

certains corps; et que, quand mon âme est affectée par la sensation de la lune, je puis hardiment conclure sur l'existence de la lune. Mais la liaison que le Créateur a établie entre notre âme et notre cerveau est un si grand mystère, que nous n'en connaissons autre chose, sinon que certaines impressions faites dans le cerveau, où est le siége de l'âme, excitent dans l'âme certaines idées ou sensations; mais le *comment* de cette influence nous est absolument inconnu. Nous devons nous contenter de savoir que cette influence subsiste, ce que l'expérience nous confirme suffisamment; et nous ne saurions approfondir la manière comment cela se fait. Or, la même expérience qui nous en convainc, nous apprend aussi que chaque sensation porte l'âme toujours à croire qu'il existe actuellement hors d'elle quelque objet qui a occasionné cette sensation; et la même sensation nous découvre aussi plusieurs propriétés de l'objet.

C'est donc un fait bien constaté, que d'une sensation quelconque l'âme conclut toujours à l'existence d'un objet réel qui se trouve hors de nous. Cela nous est si naturel dès la première enfance, et si général à tous les hommes, et même à tous les animaux, qu'on ne saurait dire que ce soit un préjugé. Un chien, en me voyant et aboyant, est certainement convaincu que j'existe; car ma présence excite en lui l'idée de ma personne. Ce chien n'est donc pas un idéaliste. Même les plus vils insectes sont assurés qu'il y a des corps qui existent hors d'eux, et ils ne sauraient avoir cette conviction que par les sensations qui en

sont excitées dans leurs âmes. De là je crois que les sensations renferment quelque chose de plus que ces philosophes ne le pensent. Elles ne sont pas simplement des perceptions de certaines impressions faites dans le cerveau; elles ne fournissent pas à l'âme seulement des idées, mais elles lui représentent effectivement des objets existant hors d'elle, quoiqu'on ne puisse pas comprendre comment cela se pratique (1). En effet, quelle ressemblance pourrait-il y avoir entre l'idée lumineuse de la lune, et cette légère agitation que les rayons de la lune peuvent produire dans le cerveau par le moyen des nerfs?

L'idée, même en tant que l'âme l'aperçoit, n'a rien de matériel; c'est un acte de l'âme, qui est un esprit: donc, il ne faut pas chercher un rapport réel entre les impressions du cerveau et les idées de l'âme; il nous suffit de savoir que certaines impressions faites dans le cerveau excitent dans l'âme certaines idées, et que ces idées sont des représentations des objets existant hors de nous, dont elles nous assurent l'existence même. Par cette raison, quand mon cerveau excite dans mon âme la sensation d'un arbre ou d'une maison, je prononce hardiment qu'il existe réellement hors de moi un arbre ou une maison, dont je connais même le lieu, la grandeur, ou d'autres propriétés. Aussi ne trouve-t-on ni hommes ni bêtes qui doutent de cette vérité. Si un paysan en voulait douter; s'il

(1) Ces quelques lignes d'Euler renferment en substance toute la doctrine de Reid et de l'école écossaise.

disait, par exemple, qu'il ne croyait pas que son bailli existe, quoiqu'il fût devant lui, on le prendrait pour un fou, et cela avec raison: mais dès qu'un philosophe avance de tels sentiments, il veut qu'on admire son esprit et ses lumières, qui surpassent infiniment celles du peuple. Aussi me paraît-il très-certain que jamais on n'a soutenu de tels sentiments bizarres que par orgueil, et pour se distinguer du commun; et V. A. conviendra facilement que les paysans ont à cet égard plus de bon sens que ces sortes de savants, qui ne retirent de leurs études d'autres fruits qu'un esprit égaré.

Établissons donc pour une règle certaine que chaque sensation excite dans mon âme, non-seulement une idée, mais qu'elle lui montre pour ainsi dire un objet hors d'elle, dont elle lui assure en même temps l'existence, sans la tromper. Mais je redoute ici une objection bien forte, tirée des songes et des rêveries des malades, où l'âme éprouve quantité de sensations d'objets qui n'existent nulle part. Je fais là-dessus cette réflexion : Il faut qu'il nous soit bien naturel de juger que les objets dont l'âme éprouve les sensations existent réellement, puisque nous jugeons même de cette manière dans le sommeil, quoique nous nous trompions alors; mais il ne s'ensuit pas que nous nous trompions également en veillant. Or, pour résoudre cette objection, il vaudrait mieux connaître la différence entre sommeiller et veiller, et que peut-être personne ne connaît moins que les savants; ce qui paraîtra bien surprenant à V. A.

LETTRE XXX.

(31 janvier 1761.)

De la faculté de sentir. Sur la réminiscence, la mémoire et l'attention. Des idées simples et composées.

V. A. vient de voir que les objets, en agissant sur nos sens, excitent dans notre âme des sensations par lesquelles nous jugeons que ces objets existent réellement hors de nous. Quoique les impressions, qui occasionnent les sensations, se trouvent dans le cerveau, ils présentent alors à l'âme une espèce d'image semblable à l'objet que l'âme aperçoit, et que l'on nomme *idée sensible*, puisqu'elle est excitée par les sens. Ainsi, en voyant un chien, l'âme acquiert l'idée de ce chien; et c'est par le moyen des sens que l'âme parvient à la connaissance de ce chien, et, en général, des objets externes, et qu'elle en acquiert les idées sensibles, qui renferment le fondement de toutes nos connaissances.

Cette faculté de l'âme, par laquelle elle connaît les choses externes, est nommée la *faculté de sentir*, laquelle dépend sans doute de la merveilleuse liaison que le Créateur a établie entre l'âme et le cerveau. Or, l'âme a encore une autre faculté, c'est de se rappeler les idées qu'elle a déjà eues par les sens; et cette faculté est nommée la *réminiscence* ou l'*imagination*. Ainsi, quand V. A. aurait vu une fois un éléphant, elle se pourrait rappeler la même



idée, quoique l'éléphant ne fût plus présent. Il y a cependant une grande différence entre les idées qu'on sent actuellement, et les idées rappelées; celles-là font une impression beaucoup plus vive et plus intéressante que celles-ci; mais la faculté de se rappeler les idées renferme la principale source de toutes nos connaissances.

Si nous perdions d'abord les idées des objets dès qu'ils n'agiraient plus sur nos sens, aucune réflexion ou comparaison ne pourrait avoir lieu; et notre connaissance se bornerait uniquement aux choses que nous sentirions actuellement, toutes les idées précédentes étant éteintes, tout comme si nous ne les avions jamais eues.

C'est donc une propriété très-essentielle à tous les êtres raisonnables, et dont même les animaux sont doués, de pouvoir rappeler les idées passées. V. A. comprend bien que cette propriété renferme la *mémoire*. Cependant il ne s'ensuit pas que nous puissions toujours nous souvenir de toutes les idées passées : combien de fois nous efforçons-nous inutilement de rappeler quelques idées que nous avons eues autrefois ! Quelquefois les idées s'oublient entièrement; mais ordinairement nous ne les oublions qu'à demi. S'il arrivait, par exemple, que V. A. oubliât la démonstration du théorème de Pythagore, il se pourrait bien que, malgré tous ses soins, elle ne s'en souvienne plus; mais cet oubli ne serait qu'à demi : dès que j'aurais l'honneur de lui retracer la figure et de la mettre sur la route de la démonstration, elle s'en souviendrait aussitôt cer-

tainement, et cette seconde démonstration ferait une tout autre impression sur son esprit que la première. On voit par là que la réminiscence des idées n'est pas toujours en notre pouvoir, quoiqu'elles ne soient pas éteintes; cependant une légère circonstance est souvent capable de les reproduire.

Il faut donc soigneusement distinguer les idées sensibles des idées rappelées : les idées sensibles nous sont représentées par les sens; mais les rappelées, nous les formons nous-mêmes sur le modèle des idées sensibles, en tant que nous nous en souvenons.

La doctrine des idées est de la dernière importance pour approfondir la véritable source de toutes nos connaissances. D'abord on distingue les idées en *simples* et *composées*. Une idée simple est celle où l'âme ne trouve rien à distinguer, et ne remarque point de parties différentes entre elles. Telle est, par exemple, l'idée d'une odeur, ou d'une tache d'une couleur unie; telle est aussi l'idée d'une étoile, où nous n'apercevons qu'un point lumineux. Une idée composée est une représentation dans laquelle l'âme peut distinguer plusieurs choses. Quand on regarde, par exemple, attentivement la lune, on y découvre plusieurs taches obscures environnées de contours plus lumineux; on y remarque aussi la figure ronde lorsque la lune est pleine, et des cornes lorsqu'elle est dans le croissant; on y fait attention, surtout quand on y regarde par une lunette, par où on y trouve d'autant plus de choses à distinguer. Combien de choses différentes ne remarque-t-on pas en

considérant un beau palais ou un beau jardin? Quand V. A. daignera lire cette lettre, elle y découvrira différents traits des caractères, qu'elle distinguera parfaitement les uns d'avec les autres. Cette idée est donc composée, puisqu'elle renferme actuellement plusieurs idées simples. Non-seulement cette lettre tout entière offre une idée composée par la pluralité des mots, mais chaque mot est aussi une idée composée, puisqu'il contient plusieurs lettres, et encore chaque lettre est une idée composée par la singularité de son trait, qui la distingue des autres; mais les éléments ou points qui constituent chaque lettre peuvent être regardés comme des idées simples, en tant qu'on n'y découvre plus aucune variété. Or, une plus grande attention découvrira aussi dans ces éléments quelque variété, surtout en les regardant par un microscope.

Il y a donc une grande différence dans la manière même de considérer les objets. Qui ne les regarde que légèrement, ou d'un œil fugitif, y découvre peu de variété; pendant qu'un autre qui les considère avec attention y distingue quantité de choses différentes. Un sauvage, en jetant les yeux sur cette lettre, la prendra pour un papier barbouillé, et n'y distinguera que du blanc et du noir, pendant qu'un lecteur attentif y observe les traits de chaque lettre. Voilà donc une nouvelle faculté de l'âme qu'on nomme l'*attention*, par laquelle l'âme acquiert les idées simples de toutes les diverses choses qui se trouvent dans un objet.

L'attention demande une adresse acquise par un

long exercice, pour distinguer les parties différentes d'un objet. Un paysan et un architecte, qui passent tous les deux devant un palais, éprouvent bien les mêmes impressions des rayons qui en entrent dans leurs yeux; mais l'architecte y distinguera mille choses dont le paysan ne s'aperçoit point. Ce n'est que dans l'attention qu'il faut chercher la cause de cette différence.

LETTRE XXXI.

(3 février 1761.)

Sur la division des idées en obscures et claires, confuses et distinctes. Sur la distraction.

Si nous ne considérons que légèrement une représentation que les sens offrent, l'idée que nous en acquérons est fort imparfaite, et l'on dit qu'une telle idée est *obscure;* mais plus nous y apportons d'attention pour en distinguer toutes les parties et toutes les marques dont elle est revêtue, plus notre idée deviendra *parfaite* ou *distincte.* Donc, pour acquérir une idée parfaite ou distincte d'un objet, il ne suffit pas qu'il soit bien représenté dans le cerveau par les impressions qui en sont faites sur les sens, il faut de plus que l'âme y apporte son attention, ce qui est une action propre de l'âme et indépendante du corps. Mais il faut aussi que la représentation dans le cerveau soit bien exprimée,

et qu'elle renferme les diverses parties et les marques qui caractérisent l'objet; ce qui arrive lorsque l'objet est exposé aux sens d'une manière convenable. Par exemple, quand je vois une écriture à la distance de dix pieds, je ne la saurais lire, quelque attention que j'y fasse : la raison en est, que, à cause de l'éloignement, les lettres ne sont pas bien exprimées au fond de l'œil, et par conséquent aussi peu dans le cerveau; mais dès que cette écriture s'approche à une juste distance, je la lis, parce que toutes les lettres se trouvent alors distinctement représentées au fond de l'œil.

V. A. sait qu'on se sert de certains instruments pour nous procurer une représentation plus parfaite dans les organes des sens; tels sont les microscopes et les télescopes ou lunettes, qui servent à suppléer à la faiblesse de notre vüe. Mais, en se servant de tous ces secours, on ne parvient cependant pas à une idée distincte sans attention; on dit qu'on n'y prend pas garde; on n'acquiert qu'une idée obscure, et il en est à peu près de même que si l'on n'avait pas vu cet objet.

J'ai déjà remarqué que les sensations ne sont pas indifférentes à l'âme, mais qu'elles lui sont ou agréables, ou désagréables; et cet agrément excite le plus souvent notre attention, à moins que l'âme ne soit déjà occupée de plusieurs autres sensations, auxquelles son attention est fixée : un tel état de l'âme est nommé *distraction*.

L'exercice contribue aussi beaucoup à fortifier l'attention; et il ne saurait y avoir un exercice

plus convenable pour les enfants, que de leur apprendre à lire; car alors ils sont obligés de fixer leur attention successivement sur chaque lettre, et de s'imprimer une idée bien nette de la figure de chacune. Il est aisé de comprendre que cet exercice doit être très-pénible au commencement; mais bientôt on acquiert une telle habitude, qu'on est enfin en état de lire avec une vitesse tout à fait inconcevable. Or, en lisant une écriture, il faut bien qu'on en ait une idée très-distincte; d'où l'on voit que l'attention est susceptible d'un très-haut degré de perfection, par le moyen de l'exercice.

Avec quelle rapidité un habile musicien n'est-il pas capable d'exécuter une pièce écrite en notes, quoiqu'il ne l'ait encore jamais vue? Il est très-certain que son attention a passé par toutes les notes les unes après les autres, et qu'il a remarqué la valeur et la mesure de chacune. Aussi son attention ne se borne-t-elle pas uniquement à ces notes, elle préside au mouvement des doigts, dont aucun ne se meut sans un ordre exprès de l'âme. Outre cela, il remarque en même temps comment ses compagnons du concert exécutent la même pièce. Enfin, il est surprenant jusqu'où peut être portée l'adresse de l'esprit humain par l'application et l'exercice. Qu'on montre les mêmes notes de musique à quelqu'un qui ne fait que commencer à jouer d'un instrument : combien de temps faudrait-il pour lui imprimer la signification de chaque note et lui en donner une idée complète, pen-

dant que l'habile musicien, presque d'un seul coup d'œil, en acquiert l'idée la plus complète?

Une semblable habileté s'étend aussi à toutes les autres espèces d'objets, dans lesquels un homme peut l'emporter infiniment sur les autres. Il est des gens qui, d'un seul coup d'œil dont ils regardent une personne qui passe devant eux, acquièrent une idée distincte non-seulement de tous les traits du visage, mais aussi de tout leur habillement, jusqu'aux plus petites bagatelles, pendant que d'autres ne sont pas capables d'en remarquer les circonstances les plus grossières.

A cet égard on remarque une différence infinie parmi les hommes, dont les uns saisissent promptement toutes les marques différentes dans un objet et s'en forment une idée distincte, pendant que d'autres n'en ont qu'une idée très-obscure. Cette différence ne dépend pas uniquement de la pénétration de l'esprit, mais aussi de la nature des objets. Un musicien saisit d'abord toutes les notes d'une pièce de musique, et en acquiert une idée distincte; mais qu'on lui présente une écriture chinoise, il n'aura que des idées fort obscures des caractères avec lesquels elle est écrite; mais un Chinois connaîtra d'abord les véritables traits de chacun, mais il n'entendra rien à son tour des notes de musique. De même un botaniste observera, dans une plante qu'il n'a jamais vue auparavant, mille choses qui échappent à l'attention d'un autre; et un architecte remarque d'un seul coup d'œil, dans un bâtiment, plusieurs choses dont un autre

ne s'aperçoit point, quoiqu'il y apporte beaucoup plus d'attention.

C'est toujours un grand avantage de se former des idées distinctes de tous les objets qui se présentent à nos sens, c'est-à-dire, d'y remarquer toutes les parties dont ils sont composés, et toutes les marques qui les distinguent et les caractérisent. De là V. A. comprendra facilement la division des idées en obscures et claires, confuses et distinctes. Plus nos idées sont distinctes, plus contribuent-elles à avancer les bornes de nos connaissances.

LETTRE XXXII.

(7 février 1761.)

Sur l'abstraction et les notions. Des notions générales et des individus. Des genres et des espèces.

Les sens ne nous représentent que des objets qui existent actuellement hors de nous, et les idées sensibles se rapportent toutes à ces objets; mais de ces idées sensibles l'âme se forme quantité d'autres, qui tirent bien leur origine de celles-là, mais qui ne représentent plus des choses qui existent réellement. Par exemple, quand je vois la pleine lune, et que je fixe mon attention uniquement sur son contour, je forme l'idée de la rondeur, mais je ne saurais dire que la rondeur existe par elle-même. La lune est bien ronde, mais la

figure ronde n'existe pas séparément hors de la lune. Il en est de même de toutes les autres figures; et quand je vois une table triangulaire ou carrée, je puis avoir l'idée d'un triangle ou d'un carré, quoiqu'une telle figure n'existe jamais par elle-même, ou séparément d'un objet réel doué de cette figure. Les idées des nombres ont une semblable origine: ayant vu deux ou trois personnes ou d'autres objets, l'âme en forme l'idée de deux ou de trois, qui n'est plus attachée aux personnes. Étant déjà parvenue à l'idée de trois, l'âme peut aller plus loin, et se former des idées de plus grands nombres, de quatre, cinq, dix, cent, mille, etc., sans qu'elle ait jamais vu précisément autant de choses ensemble. Et pour revenir aux figures, V. A. peut bien se former l'idée d'un polygone, par exemple, de 1761 côtés, quoiqu'elle n'ait jamais vu un objet réel qui ait eu une telle figure; et peut-être un objet tel n'a-t-il jamais existé. Un seul cas donc, où l'on a vu deux ou trois objets, peut avoir porté l'âme à se former des idées d'autres nombres, quelque grands qu'ils soient.

C'est ici que l'âme déploie une nouvelle faculté, qu'on nomme l'*abstraction*, qui se fait quand l'âme fixe son attention uniquement sur une quantité ou qualité de l'objet, qu'elle l'en sépare et la considère comme si elle n'était plus attachée à l'objet. Par exemple, quand je touche une pierre chaude, et que je fixe mon attention uniquement sur la chaleur, j'en forme l'idée de la chaleur, qui n'est plus attachée à la pierre. Cette idée de la cha-

leur est formée par l'abstraction, puisqu'elle est séparée de la pierre, et que l'âme aurait pu puiser la même idée en touchant un bois chaud, ou en plongeant la main dans l'eau chaude. C'est ainsi que par le moyen de l'abstraction l'âme se forme mille autres idées de quantités et de propriétés des objets, en les séparant ensuite des objets mêmes; comme quand je vois un habit rouge et que je fixe mon attention uniquement sur la couleur, je forme l'idée du rouge, séparée de l'habit; et l'on voit qu'une fleur rouge, ou tout autre corps rouge, m'aurait pu conduire à la même idée.

Ces idées acquises par l'abstraction sont nommées *notions*, pour les distinguer des idées sensibles, qui nous représentent des choses réellement existantes.

On prétend que l'abstraction est une prérogative des hommes et des esprits raisonnables, et que les bêtes en sont tout à fait destituées. Une bête, par exemple, éprouve la même sensation de l'eau chaude que nous, mais elle ne saurait séparer l'idée de la chaleur et l'idée de l'eau même : elle ne connaît la chaleur qu'en tant qu'elle se trouve dans l'eau, et elle n'a point l'idée abstraite de la chaleur comme nous. On dit que ces notions sont des idées générales qui s'étendent à plusieurs choses à la fois, comme la chaleur se peut trouver dans une pierre, dans le bois, dans l'eau, ou dans tout autre corps; mais notre idée de la chaleur n'est attachée à aucun corps, car si mon idée de la chaleur était attachée à une certaine pierre qui m'a d'abord fourni cette idée, je

ne pourrais pas dire qu'un bois ou d'autres corps fussent chauds. De là il est clair que ces notions ou idées générales ne sont pas attachées à certains objets, comme les idées sensibles; et comme ces notions distinguent l'homme des bêtes, elles l'élèvent proprement au degré du raisonnement auquel les bêtes ne sauraient jamais atteindre.

Il y a encore une autre espèce de notions qui se forment aussi par l'abstraction, et qui fournissent à l'âme les plus importants sujets pour y déployer ses forces : ce sont les idées des *genres* et des *espèces*. Quand je vois un poirier, un cerisier, un pommier, un chêne, un sapin, etc., toutes ces idées sont différentes; mais cependant j'y remarque plusieurs choses qui leur sont communes, comme le tronc, les branches et les racines; je m'arrête uniquement à ces choses que les différentes idées ont de commun, et je nomme un *arbre* l'objet auquel ces qualités conviennent. Ainsi, l'idée de l'arbre que je me suis formée de cette façon est une *notion générale*, et comprend les idées sensibles du poirier, du pommier, et en général de tout arbre qui existe actuellement. Or, l'*arbre* qui répond à mon idée générale de l'arbre n'existe nulle part; il n'est pas poirier, car alors les pommiers n'y seraient pas compris; par la même raison, il n'est pas cerisier, ni prunier, ni chêne, etc.; en un mot, il n'existe que dans mon âme; il n'est qu'une idée, mais une idée qui se réalise dans une infinité d'objets. Aussi, quand je dis *cerisier*, c'est déjà une notion générale, qui comprend tous les cerisiers qui



existent partout : cette notion n'est pas astreinte à un cerisier qui se trouve dans mon jardin, puisque alors tout cerisier en serait exclu.

Par rapport à de telles notions générales, chaque objet réellement existant qui y est compris est nommé un *individu;* et l'idée générale, par exemple, de cerisier, est nommée une *espèce*, ou un *genre.* Ces deux mots signifient à peu près la même chose; mais le genre est plus général, et renferme en lui plusieurs espèces. Ainsi, la notion d'un arbre peut être regardée comme un genre, puisqu'elle renferme les notions non-seulement des poiriers, des pommiers, des chênes, des sapins, etc., qui sont des espèces, mais aussi l'idée ou la notion de cerisiers doux, d'aigres, et de tant d'autres sortes de cerisiers, qui sont des espèces dont chacune a en elle quantité d'*individus* actuellement existants.

Cette manière de se former des idées générales se fait donc aussi par abstraction, et c'est là principalement où l'âme déploie son activité et ses opérations, d'où nous puisons toutes nos connaissances. Sans ces notions générales, nous ne différerions point des bêtes.

LETTRE XXXIII.

(10 février 1761.)

Sur les langages, leur essence, avantage et nécessité, tant pour se communiquer mutuellement les pensées, que pour cultiver nos propres connaissances.

Quelque habile que puisse être un homme pour faire des abstractions, et pour se procurer des notions générales, il n'y saurait faire aucun progrès sans le secours des *langages*, qui est double, l'un en *parlant* et l'autre en *écrivant*. L'un et l'autre contiennent plusieurs mots, qui ne sont autre chose que de certains signes qui répondent à nos idées, et dont la signification est établie par la coutume, ou un consentement tacite de plusieurs hommes qui vivent ensemble.

De là il semble que le langage ne sert aux hommes que pour se communiquer mutuellement leurs sentiments, et qu'un homme solitaire pourrait bien se passer de langage; mais V. A. conviendra bientôt qu'un langage est aussi nécessaire aux hommes pour poursuivre et cultiver leurs propres pensées, que pour se communiquer avec les autres.

Pour prouver cela, je remarque d'abord que nous n'avons presque point de mots dans les langues, dont la signification soit attachée à quelque objet individu. Si chaque cerisier qui se trouve

dans une contrée tout entière avait son propre nom, de même que chaque poirier, et en général chaque arbre individu, quel monstre de langage n'en résulterait-il pas? Si je devais employer un mot particulier pour marquer chaque feuille de papier que j'ai dans mon bureau, ou que je donnasse par caprice à chacune un mot à part, cela me serait aussi peu utile à moi-même qu'aux autres. C'est donc faire une description fort imparfaite des langues, que de dire que les hommes ont d'abord imposé à tous les objets individus certains noms, pour leur servir de signes; mais les mots d'une langue signifient des notions générales; et on y en trouvera rarement un qui ne marque qu'un seul être individu. Le nom d'*Alexandre le Grand* ne convient qu'à une personne, mais c'est un nom composé. Il y a bien mille Alexandres, et l'épithète de *grand* s'étend à une infinité de choses. C'est ainsi que tous les hommes portent des noms pour les distinguer de tous les autres, quoique ces noms soient très-souvent communs à plusieurs. Mais si je voulais imposer à chaque être individu dans ma chambre un nom particulier, et que même chaque mouche eût son propre nom, cela n'aboutirait à rien, et serait encore infiniment éloigné du langage.

L'essentiel d'une langue est plutôt qu'elle contienne des mots pour marquer des notions générales; comme le nom d'arbre répond à une prodigieuse multitude d'êtres individus. Ces mots servent non-seulement à exciter chez d'autres, qui

entendent la même langue, la même idée que j'attache à ces mots; mais ils me sont d'un grand secours pour me représenter à moi-même cette idée. Sans le mot d'arbre pour me représenter la notion générale d'un arbre, je devrais m'imaginer à la fois un cerisier, un poirier, un pommier, un sapin, etc., et en tirer, par abstraction, ce qu'ils ont de commun; ce qui fatiguerait beaucoup l'esprit, et conduirait aisément à la plus grande confusion. Mais dès que je me suis une fois déterminé à exprimer par le nom d'arbre la notion générale formée par abstraction, ce nom excite toujours dans mon âme la même notion, sans que j'aie besoin de me souvenir de son origine : aussi, pour la plupart, le seul mot d'*arbre* constitue l'objet de l'âme, sans qu'elle se représente quelque arbre réel. De même le nom d'*homme* est un signe pour marquer la notion générale de ce que tous les hommes ont de commun entre eux, et il serait très-difficile de dire ou de faire le dénombrement de tout ce que cette notion renferme. Voudrait-on dire que c'est un être vivant à deux pieds? un coq y serait aussi compris; voudrait-on dire que c'est un être vivant à deux pieds et sans plumes, comme le grand Platon l'a défini? on n'aurait qu'à dépouiller un coq de toutes ses plumes, pour avoir un homme platonicien. Je ne sais pas si ceux-là ont plus de raison, qui disent qu'un homme est un être vivant doué de raison : combien de fois ne prenons-nous pas pour des hommes, des êtres, sans que nous soyons assurés de leur raison? A la vue d'une armée, je ne

doute pas que tous les soldats ne soient des hommes, quoique je n'aie pas la moindre preuve de leur raison. Voudrais-je faire un dénombrement de tous les membres nécessaires pour constituer un homme, on trouverait toujours quelques hommes auxquels un ou peut-être plusieurs de ces membres manqueraient, ou bien on trouverait quelque bête qui eût les mêmes membres. Donc, en regardant l'origine de la notion générale d'un homme, il est presque impossible de dire en quoi cette notion consiste; et cependant tout le monde n'a aucun doute sur la signification de ce mot. La raison en est, que chacun, en voulant exciter dans son âme cette notion, ne pense qu'au nom d'*homme*, comme s'il le voyait écrit sur le papier ou qu'il en entendît la prononciation, selon la langue de chacun. De là on voit que, pour la plupart, les objets de nos pensées ne sont pas tant les choses mêmes, que les mots dont ces choses sont marquées dans la langue; et cela contribue beaucoup à faciliter notre adresse à penser. En effet, quelle idée liet-on avec de tels mots, *vertu*, *liberté*, *bonté*, etc.? Ce n'est pas certainement une image sensible; mais l'âme, s'étant une fois formé les notions abstraites qui répondent à ces mots, substitue ensuite dans ses pensées ces mots, au lieu des choses qui en sont marquées. V. A. jugera aisément combien d'abstractions on était obligé de faire pour arriver à la notion de *vertu* : il fallait considérer les actions des hommes, les comparer avec les devoirs qui leur sont imposés; et de là on nomme *vertu*, la dispo-

sition d'un homme à diriger ses actions conformément à ses devoirs. Mais quand on entend, dans un discours prononcé rapidement, le mot de vertu, est-ce qu'on y joint toujours cette notion compliquée? et entendre prononcer ces particules *et*, *aussi*, quelle idée en est excitée dans l'esprit? On voit bien que ces mots signifient une espèce de connexion; mais, quelque peine qu'on se donnerait à décrire cette connexion, on se servirait d'autant d'autres mots dont la signification serait aussi difficile à expliquer; et pendant que je voudrais expliquer la signification de la particule *et*, je me servirais plusieurs fois de cette même particule.

Que V. A. juge maintenant de quel avantage est la langue pour diriger nos propres pensées, et que sans une langue nous ne serions presque pas en état de penser nous-mêmes.

LETTRE XXXIV.

(14 février 1761.)

Sur les perfections d'une langue. Sur les jugements et sur la nature des propositions, qui sont ou affirmatives ou négatives, ou universelles ou particulières.

V. A. vient de voir combien le langage est nécessaire aux hommes, non-seulement pour se communiquer leurs sentiments et leurs pensées, mais aussi pour cultiver leur propre esprit, étendre leurs propres connaissances. Si Adam avait été laissé tout seul dans le paradis, il serait resté dans

la plus profonde ignorance sans le secours d'un langage. Le langage lui aurait été nécessaire, non tant pour marquer de certains signes les objets individuels qui auraient frappé ses sens, mais principalement pour marquer les notions générales qu'il en aurait formées par abstraction, afin que ces signes tinssent lieu dans son esprit de ces notions mêmes.

Ces signes ou mots représentent donc des notions générales, dont chacune est applicable à une infinité d'objets : comme, par exemple, l'idée du chaud et de la chaleur est applicable à tous les objets individuels qui sont chauds; et l'idée ou la notion générale d'un arbre convient à tous les individus qui se trouvent dans un jardin ou une forêt, soit qu'ils soient cerisiers ou poiriers, ou chênes, ou sapins, etc.

De là, V. A. comprend comment une langue peut être plus parfaite qu'une autre: une langue est toujours plus parfaite, quand elle est en état d'exprimer un plus grand nombre de notions générales formées par abstraction. C'est à l'égard de ces notions qu'il faut juger de la perfection d'une langue. Autrefois on n'avait pas dans la langue russe un mot pour marquer ce que nous nommons *justice* : c'était sans doute un grand défaut, puisque l'idée de la justice est très-importante dans un grand nombre de jugements et de raisonnements, et qu'on ne saurait presque penser la chose même sans un mot qui y est attaché; aussi a-t-on suppléé à ce défaut en introduisant un mot russe qui signifie justice.

Or, ces notions générales, formées par abstraction, nous fournissent tous nos jugements et nos raisonnements. Un *jugement* n'est autre chose qu'une affirmation ou négation qu'une notion convient ou ne convient pas ; et un jugement énoncé par des mots est ce qu'on nomme une *proposition*. Par exemple, c'est une proposition quand on dit : *Tous les hommes sont mortels ;* ici on a deux notions : la première, des hommes en général, et l'autre, celle de la mortalité, qui renferme tout ce qui est mortel. Le jugement consiste en ce qu'on prononce et affirme que *la notion de mortalité convient à tous les hommes*. C'est un jugement, et en tant qu'il est énoncé par des paroles, c'est une proposition ; et puisqu'elle affirme, c'est une proposition *affirmative*. Si elle niait, ce serait une proposition *négative*, comme celle-ci : *Nul homme n'est juste*. Ces deux propositions, qui me servent d'exemples, sont aussi *universelles*, puisque la première affirme de tous les hommes qu'ils sont mortels, et que l'autre nie de tous les hommes qu'ils sont justes.

Il est des propositions *particulières* tant *affirmatives* que *négatives*, comme, *quelques hommes sont savants*, et *quelques hommes ne sont pas sages ;* ici ce qu'on affirme et ce que l'on nie ne regarde pas tous les hommes, mais seulement quelques-uns.

De là on tire quatre espèces de propositions. La première est celle des propositions affirmatives et universelles, dont la forme en général est :

Tout A est B.

La seconde espèce contient les propositions négatives et universelles, dont la forme en général est :

Nul A n'est B.

La troisième espèce est celle des propositions affirmatives, mais particulières, contenue en cette forme :

Quelque A est B.

Et la quatrième enfin est celle des propositions négatives et particulières, dont la forme est :

Quelque A n'est pas B.

Toutes ces propositions renferment essentiellement deux notions A et B, qu'on nomme les *termes* de la proposition ; et en particulier la première notion, dont on affirme ou nie quelque chose, est nommée le *sujet ;* et l'autre notion, qu'on dit convenir ou ne pas convenir à la première, est nommée le *prédicat.* Ainsi, dans la proposition *tous les hommes sont mortels*, le mot *l'homme* ou *les hommes* est le sujet, et le mot *mortels* le prédicat. Ces mots sont fort en usage dans la logique, qui nous enseigne les règles de bien raisonner.

On peut aussi représenter par des figures ces quatre espèces de propositions, pour exprimer visiblement leur nature à la vue. Cela est d'un secours merveilleux pour expliquer très-distinctement en quoi consiste la justesse d'un raisonnement. Comme une notion générale renferme une infinité d'objets individus, on la regarde comme un espace dans lequel tous ces individus sont renfermés : ainsi, pour

la notion d'*homme*, on fait un espace (*fig.* 39, *pl.* 11) dans lequel on conçoit que tous les hommes sont compris. Pour la notion de *mortel*, on fait aussi un espace (*fig.* 40), où l'on conçoit que tout ce qui est mortel y est compris. Ensuite, quand je dis que *tous les hommes sont mortels*, cela revient à ce que la première figure est contenue dans la seconde.

I. Donc la représentation d'une proposition affirmative universelle sera telle (*fig.* 41), où l'espace A, qui représente le *sujet* de la proposition, est tout à fait renfermé dans l'espace B, qui représente le *prédicat*.

II. Pour les propositions négatives universelles, les deux espaces A et B, dont A marque toujours le *sujet* et B le *prédicat*, seront représentés l'un séparé de l'autre (*fig.* 42), puisqu'on dit que *nul* A *n'est* B, ou rien de tout ce qui est compris dans la notion A n'est compris dans la notion B.

III. Pour les propositions affirmatives particulières, comme *quelque* A *est* B, une partie de l'espace A sera comprise dans l'espace B (*fig.* 43), comme on voit visiblement que quelque chose comprise dans la notion A est aussi comprise dans la notion B.

IV. Pour les propositions négatives particulières, comme *quelque* A *n'est pas* B, une partie de l'espace A doit se trouver hors de l'espace B, comme on voit (*fig.* 44), qui convient bien avec la précédente; mais on remarque ici principalement qu'il y a quelque chose dans la notion A qui n'est pas com-

pris dans la notion B, ou qui se trouve hors de cette notion.

LETTRE XXXV.

(17 février 1761.)

Des syllogismes, et sur leurs différentes formes, si la première proposition est universelle.

Ces figures rondes, ou plutôt ces espaces (car il n'importe quelle figure nous leur donnons) sont très-propres à faciliter nos réflexions sur cette matière, et à nous découvrir tous les mystères dont on se vante dans la logique, et qu'on y démontre avec bien de la peine, pendant que, par le moyen de ces figures, tout saute d'abord aux yeux. On emploie donc des espaces formés à plaisir, pour représenter chaque notion générale, et on marque le sujet d'une proposition par un espace contenant A, et le prédicat par un autre espace qui contient B. La nature de la proposition même porte toujours, ou que l'espace A se trouve tout entier dans l'espace B, ou qu'il ne s'y trouve qu'en partie, ou qu'une partie au moins est hors de l'espace B, ou enfin que l'espace A tout entier est hors de B. Je mettrai ici encore une fois devant les yeux de V. A. ces figures ou emblèmes de quatre espèces de propositions.

EMBLÈMES DES QUATRE ESPÈCES DE PROPOSITIONS.

Affirmative universelle :

Tout A est B (*fig.* 41).

Négative universelle :

Nul A n'est B (*fig.* 42).

Affirmative particulière :

Quelque A est B (*fig.* 43).

Négative particulière :

Quelque A n'est pas B (*fig.* 44).

Pour les deux derniers cas qui représentent des propositions particulières, je remarque qu'ils renferment quelque doute, puisqu'il n'est pas décidé si c'estune grande partie de A qui est contenue ou qui n'est pas contenue en B. Il se pourrait même que la notion A renfermât la notion B tout entière, comme dans la *fig.* 45; car ici il est aussi clair qu'une partie de l'espace A est dans l'espace B, et qu'une partie de A n'est pas en B. Ainsi, si A était l'idée de l'arbre en général, et B l'idée du poirier en général, qui est sans doute entièrement contenue en celle-là, on pourrait former de cette figure les propositions suivantes :

I. Tous les poiriers sont des arbres.
II. Quelques arbres sont des poiriers.
III. Quelques arbres ne sont pas poiriers.

De même, si des deux espaces l'un est tout entier hors de l'autre, comme (*fig.* 42), je puis dire aussi bien, *nul* A *n'est* B, que *nul* B *n'est* A; comme si je disais : *nul homme n'est arbre,* et *nul arbre n'est homme.*

Le troisième cas, où les deux notions ont une

partie commune (*fig.* 43), comme on peut dire :

I. Quelque A est B.
II. Quelque B est A.
III. Quelque A n'est pas B.
IV. Quelque B n'est pas A.

Cela peut suffire pour faire voir à V. A. comment toutes les propositions peuvent être représentées par des figures; mais le plus grand avantage se manifeste dans les raisonnements qui, étant énoncés par des mots, sont nommés *syllogismes,* où il s'agit de tirer une juste conclusion de quelques propositions données. Cette manière nous découvrira d'abord les justes formes de tous les syllogismes.

Commençons par une proposition affirmative universelle :

Tout A est B,

où l'espace A (*fig.* 41) est enfermé tout entier dans l'espace B, et voyons comment une troisième notion C doit être rapportée à l'une ou à l'autre des notions A ou B, afin qu'on en puisse tirer une conclusion. Dans les cas suivants la chose est évidente.

I. Si la notion C est contenue tout entière dans la notion A, elle sera aussi contenue tout entière dans l'espace B (*fig.* 46), d'où résulte cette forme de syllogisme :

Tout A est B;
Or, tout C est A;
Donc, tout C est B.

Ce qui est la conclusion.

Par exemple, que la notion A renferme *tous les*

arbres, la notion B *tout ce qui a des racines*, et la notion C *tous les cerisiers*, et notre syllogisme sera :

Tout arbre a des racines ;
Or, tout cerisier est un arbre ;
Donc, tout cerisier a des racines.

II. Si la notion C a une partie contenue dans A, la même partie sera aussi contenue dans B, puisque la notion A se trouve renfermée tout entière dans la notion B (*fig.* 47 ou 48). De là résulte la seconde forme de syllogisme :

Tout A est B;
Or, quelque C est A ;
Donc, quelque C est B.

Si la notion C était tout entière hors de la notion A, il n'en suivrait rien par rapport à la notion B; il se pourrait que la notion C fût, ou tout entière hors de B (*fig.* 49), ou tout entière en B (*fig.* 50), ou en partie en B (*fig.* 51), de sorte qu'on n'en saurait rien conclure.

III. Or, si la notion C était tout entière hors de la notion B, elle serait aussi tout entière hors de la notion A, comme on voit par la *fig.* 49, d'où naît cette forme de syllogisme :

Tout A est B;
Or, nul C n'est B ou nul B n'est C;
Donc, nul C n'est A.

IV. Si la notion C a une partie hors de la notion B, cette même partie sera aussi certainement hors de la notion A, puisque celle-ci est tout entière

dans la notion B (*fig.* 52); d'où naît cette forme de syllogisme :

Tout A est B;
Or, quelque C n'est pas B;
Donc, quelque C n'est pas A.

V. Si la notion C renferme en soi toute la notion B, une partie de la notion C tombera certainement en A (*fig.* 53); d'où résulte cette forme de syllogisme :

Tout A est B;
Or, tout B est C;
Donc, quelque C est A.

Aucune autre forme n'est pas possible, tant que la première proposition est affirmative et universelle.

Supposons maintenant que la première proposition soit négative et universelle, savoir:

Nul A n'est B;

dont l'emblème est cette *fig.* 42, où la notion A se trouve tout entière hors de la notion B, et les cas suivants fourniront des conclusions.

I. Si la notion C est tout entière dans la notion B, elle sera aussi tout entière hors de la notion A (*fig.* 54), d'où l'on a cette forme de syllogisme :

Nul A n'est B;
Or, tout C est B;
Donc, nul C n'est A.

II. Si la notion C est tout entière dans la notion A, elle sera aussi tout entière hors de la no-

tion B (*fig.* 55); ce qui donne cette forme de syllogisme :

> Nul A n'est B;
> Or, tout C est A;
> Donc, nul C n'est B.

III. Si la notion C a une partie contenue dans la notion A, cette partie se trouvera certainement hors de la notion B, comme (*fig.* 56); ou bien de cette manière (*fig.* 57), ou encore (*fig.* 58); d'où naît ce syllogisme :

> Nul A n'est B;
> Or, quelque C est A ou quelque A est C;
> Donc, quelque C n'est pas B.

IV. De même, si la notion C a une partie contenue dans la notion B, cette partie se trouvera certainement hors de la notion A, comme (*fig.* 59); ou bien de cette manière (*fig.* 60), ou encore (*fig.* 61); d'où l'on a ce syllogisme :

> Nul A n'est B;
> Or, quelque C est B ou quelque B est C;
> Donc, quelque C n'est pas A.

Pour les autres formes qui restent encore, quand la première proposition est particulière, ou affirmative ou négative, je les représenterai l'ordinaire prochain.

LETTRE XXXVI.

(21 février 1761.)

Sur les différentes formes de syllogismes.

Dans ma lettre précédente j'ai eu l'honneur de présenter à V. A. plusieurs formes de syllogismes ou raisonnements simples, qui tirent leur origine de la première proposition, lorsqu'elle est universelle, affirmative ou négative. Il reste donc à développer encore les syllogismes, lorsque la première proposition est supposée particulière, affirmative ou négative, pour avoir toutes les formes possibles de syllogismes, qui conduisent à une conclusion sûre.

Soit donc la première proposition affirmative particulière renfermée dans cette forme générale,

Quelque A est B,

où une partie de la notion A est contenue dans la notion B.

Soit maintenant une troisième notion C, qui, étant rapportée à la notion A, ou sera contenue dans la notion A, comme dans les *fig.* 62, 63, 64, ou aura une partie dans la notion A, comme (*fig.* 65, 66, 67), ou sera tout entière hors de la notion A, comme (*fig.* 68, 69, 70). Dans tous ces cas, on n'en saurait rien conclure, puisqu'il serait pos-

sible que la notion C fût dans la notion B ou tout entière, ou en partie, ou point du tout.

Mais si la notion C renferme en soi la notion A, il est certain qu'elle aura aussi une portion contenue dans la notion B, comme (*fig.* 71 ou 72); d'où résulte cette forme de syllogisme :

> Quelque A est B;
> Or, tout A est C;
> Donc, quelque C est B.

Il en est de même lorsqu'on compare la notion C avec la notion B; on ne saurait tirer aucune conclusion, à moins que la notion C ne contienne en soi la notion B tout entière, comme (*fig.* 73 ou 74); car alors, puisque la notion A a une partie contenue dans la notion B, la même partie se trouvera aussi certainement dans la notion C; d'où l'on obtient cette forme de syllogisme :

> Quelque A est B;
> Or, tout B est C;
> Donc, quelque C est A.

Supposons enfin que la première proposition soit négative et particulière; savoir,

> Quelque A n'est pas B,

à laquelle répond la *fig.* 75, où une partie de la notion A se trouve hors de la notion B.

Dans ce cas, si la troisième notion C contient en soi la notion A tout entière, elle aura aussi certainement une partie hors de la notion B,

comme (*fig.* 76 ou 77); d'où naît ce syllogisme :

> Quelque A n'est pas B;
> Or, tout A est C;
> Donc, quelque C n'est pas B.

Ensuite si la notion C est renfermée tout entière dans la notion B, puisque A a une partie hors de B, cette même partie se trouvera aussi certainement hors de C, comme (*fig.* 78, 79); d'où l'on a cette forme de syllogisme :

> Quelque A n'est pas B;
> Or, tout C est B;
> Donc, quelque A n'est pas C.

Il sera bon d'assembler toutes ces différentes formes de syllogismes, pour les considérer d'un seul coup d'œil.

I.	Tout A est B; Or, tout C est A; Donc, tout C est B.	II.	Tout A est B; Or, quelque C est A; Donc, quelque C est B.
III.	Tout A est B; Or, nul C n'est B; Donc, nul C n'est A.	IV.	Tout A est B; Or, nul B n'est C; Donc, nul C n'est A.
V.	Tout A est B; Or, quelque C n'est pas B; Donc, quelque C n'est pas A.	VI.	Tout A est B; Or, tout B est C; Donc, quelque C est A.
VII.	Nul A n'est B; Or, tout C est A; Donc, nul C n'est B.	VIII.	Nul A n'est B; Or, tout C est B; Donc, nul C n'est A.
IX.	Nul A n'est B; Or, quelque C est A; Donc, quelque C n'est pas B.	X.	Nul A n'est B; Or, quelque A est C; Donc, quelque C n'est pas B.

XI. Nul A n'est B; Or, quelque C est B; Donc, quelque C n'est pas A.	XII. Nul A n'est B; Or, quelque B est C; Donc, quelque C n'est pas A.
XIII. Quelque A est B; Or, tout A est C; Donc, quelque C est B.	XIV. Quelque A est B; Or, tout B est C; Donc, quelque C est A.
XV. Quelque A n'est pas B; Or, tout A est C; Donc, quelque C n'est pas B.	XVI. Quelque A n'est pas B; Or, tout C est B; Donc, quelque A n'est pas C.
XVII. Tout A est B; Or, quelque A est C; Donc, quelque C est B.	XVIII. Nul A n'est B; Or, tout A est C; Donc, quelque C n'est pas B.
XIX. Nul A n'est B; Or, tout B est C; Donc, quelque C n'est pas A.	XX. Tout A est B; Or, tout A est C; Donc, quelque C est B.

De ces vingt formes je remarque que la XVI[e] est la même que la V[e] : celle-ci se changeant en celle-là si l'on écrit C pour A et A pour C, et qu'on commence par la seconde proposition; de sorte donc qu'il ne reste que dix-neuf formes différentes.

Le fondement de toutes ces formes se réduit à ces deux principes sur la nature du contenant et du contenu :

I. Tout ce qui est dans le contenu se trouve aussi dans le contenant.

II. Tout ce qui est hors du contenant est aussi hors du contenu.

Ainsi, dans la dernière forme, où la notion A est contenue tout entière dans la notion B, il est évident que si A est aussi contenu dans la notion C, ou en fait une partie, cette même partie de C sera certainement contenue dans la notion B, de sorte que quelque C est B.

Chaque syllogisme renferme donc trois propositions, dont les deux premières sont nommées les *prémisses*, et la troisième la *conclusion*. Or, l'avantage de toutes ces formes, pour diriger nos raisonnements, est que si les deux prémisses sont vraies, la conclusion est aussi infailliblement vraie.

C'est aussi le seul moyen de découvrir les vérités inconnues : chaque vérité doit toujours être la conclusion d'un syllogisme, dont les prémisses sont indubitablement vraies. Je puis encore ajouter que la première des prémisses est nommée la proposition *majeure*, et l'autre la *mineure*.

LETTRE XXXVII.

(24 février 1761.)

Analyse de quelques syllogismes.

Si V. A. veut bien donner quelque attention à toutes les formes de syllogismes que j'ai eu l'honneur de mettre devant ses yeux, elle verra que chaque syllogisme renferme nécessairement trois propositions, dont les deux premières sont nommées

prémisses, et la troisième *conclusion*. Or, la force des dix-neuf formes de syllogismes consiste en cette propriété dont chacune est douée, que si les deux premières propositions ou prémisses sont vraies, on peut infailliblement compter sur la vérité de la conclusion.

Considérons par exemple ce syllogisme :

Nul homme vertueux n'est médisant ;
Or, quelques hommes médisants sont savants ;
Donc, quelques savants ne sont pas vertueux.

Dès qu'on m'accorde les deux premières propositions, on est absolument obligé d'avouer la vérité de la troisième, qui en suit nécessairement.

Ce syllogisme appartient à la XII[e] forme, et il en est de même de toutes les autres formes que j'ai développées, et dont le fondement, représenté par des figures, saute d'abord aux yeux. Ici on rencontre trois notions (*fig.* 80) : celle *des hommes vertueux*, celle *des hommes médisants*, celle *des hommes savants*.

Que l'espace A représente la première, l'espace B la seconde, et l'espace C la troisième. Maintenant, puisqu'on dit dans la première proposition que *nul homme vertueux n'est médisant*, on soutient que rien de tout ce qui est contenu dans la notion *de l'homme vertueux*, ou dans l'espace A, n'est compris dans la notion *de l'homme médisant*, ou dans l'espace B; donc l'espace A se trouve tout entier hors de l'espace B, en cette sorte (*fig.* 81).

Mais dans la seconde proposition on dit que

quelques hommes compris dans la notion B sont aussi contenus dans la notion *des hommes savants*, ou dans l'espace C ; ou bien on dit qu'une partie de l'espace B se trouve dans l'espace C, comme (*fig.* 82), où la partie de l'espace B comprise dans C est marquée d'une étoile *, qui sera donc aussi une partie de l'espace C. Donc, puisqu'une partie de l'espace C est en B, et que tout l'espace B se trouve hors de l'espace A, il est évident que la même partie de l'espace C doit aussi être hors de l'espace A, ou bien *quelques savants ne seront pas vertueux.*

Il faut bien remarquer que cette conclusion ne regarde que la partie * de la notion C qui est plongée dans la notion B. Pour le reste, il est incertain s'il est aussi exclu de la notion A, comme dans la *fig.* 83, ou s'il y est renfermé tout entier, comme *fig.* 84, ou seulement en partie, comme dans la *fig.* 85.

Or, puisque cela est incertain, le reste de l'espace C n'entre dans aucune considération : la conclusion se borne uniquement à ce qui est certain, c'est-à-dire que la même partie de l'espace C, qui est contenue dans l'espace B, se trouve certainement hors de l'espace A, puisque cet espace existe tout entier hors de l'espace B.

De la même manière on peut démontrer la justesse de toutes les autres formes de syllogismes ; mais toutes les formes qui diffèrent des dix-neuf rapportées, ou qui n'y sont pas comprises, sont destituées d'un pareil fondement, et mèneraient à l'erreur et à des faussetés, si l'on voulait s'en servir.

V. A. reconnaîtra ce défaut très-clairement par un exemple, qui n'est compris dans aucune de nos dix-neuf formes :

Quelques savants sont avares ;
Or, nul avare n'est vertueux ;
Donc, quelques vertueux ne sont pas savants.

Peut-être que cette troisième proposition serait vraie, mais elle ne suit pas des prémisses; donc celles-ci pourraient très-bien être vraies (comme elles le sont aussi sans doute), sans que la troisième le fût : ce qui est contre la nature du syllogisme, où la conclusion doit toujours être vraie, dès que les prémisses sont vraies. Aussi le vice de la forme rapportée saute d'abord aux yeux (*fig.* 80).

Que l'espace A renferme *tous les savants*, l'espace B *tous les avares*, et l'espace C *tous les vertueux*. Maintenant la première proposition est représentée par la *fig.* 86, où la partie * de l'espace A (*des savants*) est contenue dans l'espace B (*des avares*).

Ensuite, par la seconde proposition, tout l'espace C (*des vertueux*) est hors de l'espace B (*des avares*) : or, de là il n'en suit nullement qu'une partie de l'espace C se trouve hors de l'espace A (*fig.* 87).

Il serait même possible que l'espace C fût tout entier dans l'espace A, comme (*fig.* 88); ou tout entier hors de l'espace A, comme (*fig.* 89), quoiqu'il soit tout entier hors de B.

Ainsi cette forme de syllogisme serait tout à fait fausse et absurde.

Un autre exemple ne laissera aucun doute là-dessus :

> Quelques arbres sont cerisiers ;
> Or, nul cerisier n'est pommier ;
> Donc, quelques pommiers ne sont pas arbres.

Cette forme est précisément la même que celle de ci-dessus, et la fausseté de la conclusion saute aux yeux, quoique les prémisses soient indubitablement vraies.

Mais dès qu'un syllogisme se trouve dans une de nos dix-neuf formes, on peut être assuré que si les deux prémisses sont vraies, la conclusion est toujours indubitablement vraie. D'où V. A. comprend comment de quelques vérités connues on arrive à des vérités nouvelles, et que tous les raisonnements par lesquels on démontre tant de vérités dans la géométrie se laissent réduire à des syllogismes formels. Or, il n'est pas nécessaire que nos raisonnements soient toujours proposés en forme de syllogismes, pourvu que le fondement soit le même; dans les discours et en écrivant on se pique même de déguiser la forme syllogistique.

Je dois encore remarquer que, comme la vérité des prémisses entraîne la vérité de la conclusion, il n'en suit pas nécessairement que, lorsque l'une des prémisses ou toutes les deux sont fausses, la conclusion soit aussi fausse; mais il est certain que quand la conclusion est fausse, il faut absolument que l'une des prémisses ou toutes les deux soient fausses; car si elles étaient vraies, la conclusion

serait aussi vraie : donc, si la conclusion est fausse, il est impossible que les prémisses soient vraies. J'aurai l'honneur de faire encore quelques réflexions sur cette matière, puisqu'elle contient la certitude de toutes nos connaissances.

LETTRE XXXVIII.

(28 février 1761.)

Des différentes figures et des modes des syllogismes.

Les réflexions que j'ai encore à faire sur les syllogismes se réduisent aux articles suivants :

I. Un syllogisme ne renferme que trois notions qu'on nomme *termes*, en tant qu'elles sont représentées par des mots. Car, quoiqu'un syllogisme contienne trois propositions et chaque proposition des notions ou termes, il faut considérer que chaque terme y est employé deux fois, comme dans cet exemple :

Tout A est B ;
Or, tout A est C ;
Donc, quelque C est B.

Les trois notions sont marquées par les lettres A, B, C, qui sont les trois termes de ce syllogisme, dont le terme A entre dans les première et seconde propositions, le terme B dans les première et troisième, et le terme C dans les seconde et troisième propositions.

II. Il faut bien distinguer ces trois termes de chaque syllogisme. Deux, savoir B et C, entrent dans la conclusion, dont l'un C est le *sujet*, et l'autre B le *prédicat*. Dans la logique, le sujet de la conclusion C est nommé le *terme mineur*, et le prédicat de la conclusion B le *terme majeur*. Or, la troisième notion, ou le terme A, se trouve dans les deux prémisses, où il est combiné avec l'un et l'autre terme de la conclusion. Ce terme A est nommé le *moyen terme*. Ainsi dans cet exemple :

> Nul avare n'est vertueux ;
> Or, quelques savants sont avares ;
> Donc, quelques savants ne sont pas vertueux,

la notion *savants* est le terme mineur, celle des *vertueux* le terme majeur, et la notion d'*avares* le moyen terme.

III. Pour l'ordre des propositions, il serait bien indifférent laquelle des deux prémisses fût mise en premier ou en second lieu, pourvu que la conclusion occupe le dernier lieu, puisqu'elle est la conséquence des prémisses. Cependant les logiciens ont trouvé bon d'établir cette règle :

La première proposition est toujours celle qui contient le prédicat de la conclusion, ou le terme majeur ; d'où cette proposition a le nom de la proposition majeure.

La seconde proposition contient le terme mineur, ou le sujet de la conclusion : et de là elle est nommée la proposition mineure.

Donc la *proposition majeure* d'un syllogisme con-

tient le moyen terme avec le terme majeur, ou le prédicat de la conclusion; et la *proposition mineure* contient le moyen terme avec le terme mineur, ou le sujet de la conclusion.

IV. Selon que le moyen terme tient lieu du sujet ou du prédicat dans les prémisses, on constitue différentes *figures* dans les syllogismes; et de là les logiciens ont établi ces quatre figures de syllogismes.

La *première figure* est où le moyen terme est dans la proposition majeure le sujet, et dans la mineure le prédicat.

La *seconde figure* est où le moyen terme est, tant dans la proposition majeure que dans la mineure, le prédicat.

La *troisième figure* est où le moyen terme est le sujet, tant dans la proposition majeure que dans la mineure. Enfin,

La *quatrième figure* est où le moyen terme est le prédicat dans la proposition majeure, et le sujet dans la mineure.

Soit P le terme mineur ou le sujet de la conclusion, Q le terme majeur ou le prédicat de la conclusion, et M le terme moyen, et les quatre figures des syllogismes seront représentées de la manière suivante :

PREMIÈRE FIGURE.

Proposition majeure.......	M	Q
Proposition mineure.......	P	M
Conclusion........	P	Q

SECONDE FIGURE.

Proposition majeure.......	Q	M
Proposition mineure.......	P	M
Conclusion........	P	Q

TROISIÈME FIGURE.

Proposition majeure.......	M	Q
Proposition mineure.......	M	P
Conclusion........	P	Q

QUATRIÈME FIGURE.

Proposition majeure.......	Q	M
Proposition mineure.......	M	P
Conclusion........	P	Q

V. Ensuite, selon que les propositions mêmes sont universelles ou particulières, affirmatives ou négatives, chaque figure contient plusieurs formes qu'on nomme *modes*. Pour mieux représenter ces modes de chaque figure, on marque par la lettre A les propositions universelles affirmatives ; par la lettre E, les propositions universelles négatives ; par la lettre I, les propositions particulières affirmatives ; et enfin par la lettre O les propositions particulières négatives (1). : ou bien

A représente une proposition universelle affirmative.
E représente une proposition universelle négative.
I représente une proposition particulière affirmative.
O représente une proposition particulière négative.

VI. De là nos dix-neuf formes de syllogismes rapportées ci-dessus se réduisent à ces quatre figures que je viens d'établir ; en sorte :

(1) *Asserit* A, *negat* E, *verum generaliter ambo ;*
Asserit I, *negat* O, *sed particulariter ambo.*

I. MODES DE LA PREMIÈRE FIGURE.

1[er] MODE. A. A. A. Tout M est Q; Or, tout P est M; Donc, tout P est Q.	2[e] MODE. A. I. I. Tout M est Q; Or, quelque P est M; Donc, quelque P est Q.
3[e] MODE. E. A. E. Nul M n'est Q; Or, tout P est M; Donc, nul P n'est Q.	4[e] MODE. E. I. O. Nul M n'est Q; Or, quelque P est M; Donc, quelque P n'est pas Q.

II. MODES DE LA SECONDE FIGURE.

1[er] MODE. A. E. E. Tout Q est M; Or, nul P n'est M; Donc, nul P n'est Q.	2[e] MODE. A. O. O. Tout Q est M; Or, quelque P n'est pas M; Donc, quelque P n'est pas Q.
3[e] MODE. E. A. E. Nul Q n'est M; Or, tout P est M; Donc, nul P n'est Q.	4[e] MODE. E. I. O. Nul Q n'est M; Or, quelque P est M; Donc, quelque P n'est pas Q.

III. MODES DE LA TROISIÈME FIGURE.

1[er] MODE. A. A. I. Tout M est Q; Or, tout M est P; Donc, quelque P est Q.	2[e] MODE. I. A. I. Quelque M est Q; Or, tout M est P; Donc, quelque P est Q.
3[e] MODE. A. I. I. Tout M est Q; Or, quelque M est P; Donc, quelque P est Q.	4[e] MODE. E. A. O. Nul M n'est Q; Or, tout M est P; Donc, quelque P n'est pas Q.
5[e] MODE. E. I. O. Nul M n'est Q; Or, quelque M est P; Donc, quelque P n'est pas Q.	6[e] MODE. O. A. O. Quelque M n'est pas Q; Or, tout M est P; Donc, quelque P n'est pas Q.

IV. MODES DE LA QUATRIÈME FIGURE.

1er MODE.	2e MODE.
A. A. I. Tout Q est M ; Or, tout M est P ; Donc, quelque P est Q.	I. A. I. Quelque Q est M ; Or, tout M est P ; Donc, quelque P est Q.
3e MODE. A. E. E. Tout Q est M ; Or, nul M n'est P ; Donc, nul P n'est Q.	**4e MODE.** E. A. O. Nul Q n'est M ; Or, tout M est P ; Donc quelque P n'est pas Q.
5e MODE. E. I. O. Nul Q n'est M; Or, quelque M est P ; Donc, quelque P n'est pas Q.	

De là V. A. voit que la première figure a quatre modes, la seconde aussi quatre, la troisième six, et la quatrième cinq : de sorte que le nombre de tous ces modes ensemble soit *dix-neuf*, qui sont les mêmes formes que j'ai développées ci-dessus, et que je viens à présent de distribuer dans les quatre figures. Au reste, la justesse de chacun de ces modes est déjà démontrée ci-dessus par le moyen des espaces que j'ai employés pour marquer les notions. Toute la différence consiste en ce que je me sers ici des lettres P, Q, M, au lieu des lettres A, B, C.

LETTRE XXXIX.

(3 mars 1761.)

Observations et réflexions sur les différents modes de syllogismes.

Je crois que les réflexions suivantes ne contribueront pas peu à mettre dans un plus grand jour la nature des syllogismes. Que V. A. veuille bien considérer l'espèce des propositions qui composent les syllogismes de chacune de nos quatre figures, savoir si elles sont :

1° Affirmatives universelles, dont le signe est A ; ou

2° Négatives universelles, dont le signe est E ; ou

3° Affirmatives particulières, dont le signe est I ; ou enfin

4° Négatives particulières, dont le signe est O ; et elle conviendra aisément de la justesse des réflexions suivantes :

I. Les deux prémisses ne sont nulle part négatives toutes les deux ; d'où les logiciens ont formé cette règle :

De deux propositions négatives on ne saurait tirer aucune conclusion.

La raison en est évidente ; car posant P et Q pour les termes de la conclusion, et M pour le moyen terme, si les deux prémisses sont négatives, on dit que les notions P et Q sont, ou tout entières, ou en

partie, hors de M; or, de là on ne saurait rien conclure sur la convenance ou disconvenance des notions P et Q. Par exemple, quoique je sache par l'histoire que les Gaulois n'étaient pas des Romains, et que les Celtes n'étaient pas des Romains non plus, cela ne me fournit aucun éclaircissement si les Gaulois ont été Celtes ou non. Ainsi deux prémisses négatives ne conduisent à aucune conclusion.

II. Les deux prémisses ne sont aussi nulle part particulières toutes les deux; et de là la logique nous prescrit cette règle :

De deux propositions particulières on ne saurait tirer aucune conclusion.

Ainsi, par exemple, de ce que quelques savants sont pauvres et que quelques savants sont médisants, on ne saurait conclure, ni que les pauvres sont médisants, ni qu'ils ne le sont point. Pour peu qu'on réfléchisse sur la nature d'une conséquence, on s'apercevra bientôt que deux prémisses particulières ne conduisent à aucune conclusion.

III. *Si l'une des prémisses est négative, la conclusion doit aussi être négative.*

C'est la troisième règle qu'on trouve dans la logique. Dès qu'on a nié quelque chose dans les prémisses, on ne saurait rien affirmer dans la conclusion; il y faut nier aussi absolument. Cette règle se trouve ouvertement confirmée par toutes les règles des syllogismes, dont j'ai démontré ci-dessus la justesse.

IV. *Si l'une des prémisses est particulière, la conclusion doit aussi être particulière.*

C'est la quatrième règle que prescrit la logique. Le caractère des propositions particulières étant le mot *quelques-uns*, dès qu'on parle seulement de quelques-uns dans l'une des prémisses, on ne saurait parler généralement dans la conclusion; elle doit être restreinte à quelques-uns. Cette règle se trouve aussi confirmée par toutes les formes des syllogismes dont la justesse est hors de doute.

V. *Quand toutes les deux prémisses sont affirmatives, la conclusion est aussi affirmative. Mais quoique les deux prémisses soient universelles, la conclusion n'est pas toujours universelle, elle n'est quelquefois que particulière*, comme dans le premier mode des troisième et quatrième figures.

VI. Outre les propositions universelles et particulières, on fait quelquefois usage des propositions *singulières*, où le sujet est un être individu; comme quand je dis :

Virgile était un grand poëte.

Ici le nom de *Virgile* n'est pas une notion générale qui renferme en soi plusieurs êtres; c'est le propre nom d'un homme individu ou actuel, qui a vécu autrefois. Une telle proposition est nommée *singulière;* et quand elle entre dans un syllogisme, il est important de savoir si elle doit être regardée sur le pied des propositions universelles ou particulières.

VII. Quelques auteurs ont prétendu qu'une proposition singulière doit être rangée dans la classe des particulières, attendu qu'une proposition particu-

lière ne parle que de quelques êtres compris dans la notion, pendant qu'une proposition universelle parle de tout. Or, disent ces auteurs, quand on ne parle que d'un être singulier, c'est encore moins que si l'on parlait de quelques-uns; et par conséquent une proposition singulière doit être regardée comme très-particulière.

VIII. Quelque fondée que puisse paraître cette raison, elle ne saurait être admise. L'essentiel d'une proposition particulière consiste en ce qu'elle ne parle pas de tous les êtres compris dans la notion du sujet; pendant qu'une proposition universelle parle de tous sans exception. Ainsi, quand on dit :

Quelques habitants de Berlin sont riches,

le sujet de cette proposition est la notion de *tous les habitants de Berlin;* mais on ne prend pas ce sujet dans toute son étendue, sa signification est expressément restreinte à *quelques-uns;* et c'est par là que les propositions particulières sont essentiellement distinguées des universelles, puisqu'elles ne roulent que sur une partie des êtres compris dans son sujet.

IX. Après cette remarque, il est très-évident *qu'une proposition singulière doit être regardée comme universelle*, puisqu'en parlant d'un être individu, comme de *Virgile*, elle ne restreint en aucune manière la notion du sujet, qui est Virgile même; mais elle admet plutôt cette notion dans toute son étendue : et c'est pourquoi *les mêmes rè-*

gles qui ont lieu dans les propositions universelles, valent aussi pour les propositions singulières.

Ainsi ce syllogisme est très-bon :

> Voltaire est philosophe;
> Or, Voltaire est poëte;
> Donc, quelque poëte est philosophe.

Et il serait vicieux, si les deux prémisses étaient particulières; mais puisqu'elles peuvent être regardées comme universelles, ce syllogisme appartient à la troisième figure, et au premier mode de la forme A. A. I. L'idée individuelle de *Voltaire* y est le moyen terme, qui est le sujet de la majeure et de la mineure; ce qui est le caractère de la troisième figure.

X. Enfin je dois remarquer que je n'ai parlé jusqu'ici que des *propositions simples*, qui ne renferment que deux notions, dont l'une est affirmée ou niée, universellement ou particulièrement. Pour ce qui regarde les *propositions composées*, le raisonnement demande des règles particulières.

LETTRE XL.

(7 mars 1761.)

Sur les propositions hypothétiques, et sur les syllogismes qui y sont fondés.

Jusqu'ici nous n'avons considéré que des propositions simples, qui ne contiennent que deux notions, dont l'une fait le sujet, et l'autre le prédi-

cat. De telles propositions ne peuvent former d'autres syllogismes que ceux que j'ai eu l'honneur de représenter à V. A., et qui sont contenues dans les quatre figures expliquées ci-dessus. Mais on se sert aussi souvent de propositions composées qui renferment plus de deux notions, et où l'on doit observer d'autres règles, pour en tirer des conclusions.

De ces propositions composées, les plus communes sont celles qu'on nomme *hypothétiques* ou *conditionnelles*, qui renferment deux propositions entières, en prononçant que si l'une est vraie, l'autre est aussi vraie. Voici un exemple d'une proposition conditionnelle :

> Si les gazettes annoncent la vérité, la paix n'est pas fort éloignée.

Ici il y a deux propositions : la première, *les gazettes annoncent la vérité*, ou bien *les gazettes sont véritables ;* et l'autre, *la paix n'est pas fort éloignée*, ou bien *la paix est fort prochaine.*

Or, on met une telle liaison entre ces deux propositions, que, si la première est vraie, l'autre est aussi vraie ; ou bien on soutient que la seconde proposition est une conséquence nécessaire de la première, en sorte que la première ne saurait être vraie sans que la seconde le soit aussi. Supposons donc que les gazettes nous parlent beaucoup d'une paix prochaine, et l'on aurait raison de dire que, *si les gazettes sont véritables, la paix doit être prochaine.*

Outre cette condition, on n'avance rien; mais en ajoutant encore quelque proposition, il y a deux manières d'en tirer une conclusion. La première aura lieu quand quelqu'un nous assure que *les gazettes sont véritables;* car alors nous en conclurons que *la paix est prochaine.* L'autre manière aura lieu quand on nous assure que *la paix est encore fort éloignée;* alors on ne balancerait pas d'en tirer cette conclusion, que *les gazettes ne disent pas la vérité.*

De là V. A. verra que ces deux manières de conclure auront lieu en général, et qu'elles donneront deux formes de syllogismes hypothétiques ou conditionnels, qu'on pourra représenter ainsi :

PREMIÈRE FORME.

Si A est B, alors C est D;
Or, A est B;
Donc, C est D.

SECONDE FORME.

Si A est B, alors C est D;
Or, C n'est pas D;
Donc, A n'est pas B.

Il n'y a que ces deux manières de conclure qui soient justes, et il faut bien prendre garde de ne pas se laisser éblouir par ces deux formes suivantes :

PREMIÈRE FORME VICIEUSE.

Si A est B, alors C est D;
Or, A n'est pas B;
Donc, C n'est pas D.

SECONDE FORME VICIEUSE.

Si A est B, alors C est D;
Or, C est D;
Donc, A est B,

qui sont tout à fait vicieuses. Dans l'exemple ci-dessus sur *les gazettes* et *la paix*, il serait mal raisonné si je disais :

Si les gazettes sont véritables, la paix est prochaine;
Or, les gazettes ne sont pas véritables;
Donc, la paix n'est pas prochaine.

Il n'est que trop vrai que *les gazettes ne sont pas véritables;* mais, nonobstant cela, *la paix pourrait bien être prochaine.*

L'autre forme pourrait être également vicieuse :

Si les gazettes sont véritables, la paix est prochaine;
Or, la paix est prochaine;
Donc, les gazettes sont véritables.

Supposons que cette consolante vérité, que *la paix est prochaine,* nous soit révélée, de sorte qu'on n'en saurait plus douter : cependant il n'en suivrait pas que *les gazettes fussent véritables*, ou qu'elles ne mentent jamais. J'espère au moins que la paix est prochaine, quoique je sois fort éloigné de me fier sur la vérité des gazettes.

Ces deux dernières formes de syllogismes conditionnelles sont donc vicieuses; mais les deux précédentes sont certainement bonnes, et ne conduisent jamais à l'erreur, pourvu que la première proposition conditionnelle soit vraie, ou que la

dernière partie soit une conséquence nécessaire de la première partie.

D'une telle proposition conditionnelle :

Si A est B, alors C est D,

on nomme la première partie (*A est B*) l'*antécédent*, et l'autre partie (*C est D*) le *conséquent*. Là-dessus la logique nous prescrit, pour bien raisonner, ces deux règles :

I. *Qui accorde l'antécédent doit aussi accorder le conséquent.*

II. *Qui nie ou rejette le conséquent doit aussi nier ou rejeter l'antécédent.*

Mais on pourrait bien nier l'antécédent sans nier le conséquent, et aussi accorder le conséquent sans accorder l'antécédent.

Il y a encore d'autres propositions composées, dont on peut aussi former des syllogismes, et je crois qu'il suffira d'en rapporter un seul exemple. Ayant cette proposition :

Toute substance est ou corps ou esprit,

on conclura de ces deux façons :

I. Or, telle substance n'est pas corps;
Donc, elle est esprit.

II. Or, telle substance est corps;
Donc, elle n'est pas esprit.

Mais il serait bien superflu de vouloir entretenir V. A. plus longtemps sur cette matière.

LETTRE XLI.

(10 mars 1761.)

De l'impression des sensations sur l'âme.

Ayant eu l'honneur de présenter à V. A. les principaux fondements de la logique, qui donnent des règles sûres pour bien raisonner, je m'arrêterai encore un peu aux idées.

Les premières idées nous viennent sans doute des objets réels qui frappent nos sens; et tant que nos sens sont frappés de quelque objet, il s'excite dans l'âme une sensation de ce même objet. Ces sens représentent à l'âme non-seulement les idées de cet objet, mais ils lui assurent encore son existence hors de nous. Or, il est important de remarquer que la sensation n'est pas indifférente à l'âme, mais qu'elle est toujours accompagnée de quelque plaisir ou de quelque déplaisir plus ou moins grand. Ensuite, ayant acquis une fois par ce moyen l'idée de quelque objet, elle ne se perd pas aussitôt que l'objet cesse d'agir sur nos sens; ce n'est que la sensation dont l'âme est affectée agréablement ou désagréablement, qui se perd alors; mais l'idée même de cet objet se conserve dans l'âme. Ce n'est pas que l'idée lui demeure toujours présente, ou que l'âme y pense continuellement; mais elle a le pouvoir de réveiller et de rappeler cette idée aussi souvent qu'elle le veut.

Cette faculté de l'âme de rappeler les idées une fois aperçues, est nommée la *réminiscence* et l'*imagination*, qui contient la source de la mémoire. Sans cette faculté de se souvenir des idées passées, la première, de sentir, ne nous servirait de rien; si nous perdions à chaque moment le souvenir des idées que nous avons aperçues, nous serions toujours dans le cas des enfants nouvellement nés, et dans la plus profonde ignorance. L'imagination est donc le don le plus précieux que le Créateur ait donné à nos âmes; et c'est là que leur spiritualité brille avec le plus grand éclat, puisque par ce moyen les âmes s'élèvent successivement aux plus sublimes connaissances. Mais, quoique les idées rappelées nous représentent les mêmes objets que les idées aperçues, elles en diffèrent cependant en ce qu'elles ne sont pas accompagnées de la sensation, ni de la conviction que les idées existent réellement (1). Quand V. A. a vu une fois un incendie, elle peut se rappeler cette même idée quand elle veut, sans pourtant s'imaginer qu'il y en a actuellement un. Il est même possible qu'elle ne pense pas pendant très-longtemps à cet incendie, sans pourtant perdre le pouvoir de rappeler cette idée. Il en est de même de toutes les idées que nous avons une fois aperçues; mais il n'arrive néanmoins que trop souvent que nous en perdons le souvenir presque tout à fait, ou que nous les ou-

(1) *Lisez*, ni de la conviction que les objets des idées existent actuellement.

blions. On remarque cependant une très-grande différence entre les idées oubliées et les idées tout à fait inconnues, ou que nous n'avons jamais eues : à l'égard des premières, dès que le même objet se présente de nouveau à nos sens, nous en saisissons beaucoup plus facilement l'idée, et nous nous souvenons fort bien que c'est la même que nous avons oubliée; il n'en serait pas ainsi, si nous n'en avions jamais eu l'idée.

C'est ici que les matérialistes se vantent de trouver les plus fortes preuves pour soutenir leur sentiment. Ils disent que de là il est très-clair que l'âme n'est autre chose qu'une matière subtile, sur laquelle les objets externes sont capables de faire quelques légères impressions par le moyen des sens; que cette impression n'est autre chose que l'idée des objets, et que, tant qu'elle dure, le souvenir se conserve; mais que nous l'oublions quand cette impression s'efface tout à fait. Si ce raisonnement était fondé, les idées devraient toujours nous demeurer présentes, jusqu'à ce que nous les oubliions, ce qui n'arrive pas pourtant, car nous les rappelons quand nous voulons; et si l'impression était effacée, comment la matière pourrait-elle se souvenir qu'elle eut autrefois cette impression, lorsqu'elle la reçoit de nouveau? Ensuite, quoiqu'il soit très-certain que l'action des objets sur les sens produit dans le cerveau quelque changement, ce changement est infiniment différent de l'idée qui en est occasionnée; et tant le sentiment du plaisir et du déplaisir, que le jugement sur l'objet même qui a

causé cette impression, exige ouvertement un être tout à fait différent de la matière, et doué de qualités d'une tout autre nature.

Nos connaissances ne se bornent pas aux idées senties, et les mêmes idées rappelées nous en forment, par abstraction, des idées générales, qui renferment à la fois un grand nombre d'idées individuelles : et combien d'idées abstraites ne formons-nous pas sur les qualités et les accidents des objets, auxquelles ne répond absolument rien qui soit corporel, comme les notions de la vertu, de la sagesse, etc. ?

Cela ne regarde encore que l'*entendement*, qui ne comprend qu'une partie des facultés de l'âme; l'autre partie n'est pas moins étendue, c'est la *volonté* et la *liberté*, d'où dépendent toutes nos résolutions et nos actions. Dans le corps il n'y a rien qui ait le moindre rapport avec cette qualité par laquelle l'âme se détermine librement à certaines actions, et même après des délibérations bien mûres. Elle a égard à des motifs sans qu'elle en soit forcée; et, en un mot, la liberté est si essentielle à l'âme et à tous les esprits, qu'il serait impossible d'imaginer un esprit sans liberté, aussi peu qu'un corps sans étendue. Dieu même ne saurait dépouiller un esprit de cette propriété essentielle.

C'est aussi par là qu'il est facile de résoudre toutes les questions embarrassantes sur l'origine du mal, sur la permission du péché et de tous les maux dont le monde est accablé, et dont la liberté des hommes est la seule source.

LETTRE XLII.

(14 mars 1761.)

Considérations plus détaillées sur l'origine et la permission du mal et des péchés dans le monde.

L'origine et la permission du mal dans le monde est un article qui a de tout temps fort embarrasé les théologiens et les philosophes. Croire que Dieu, cet être souverainement bon, ait créé ce monde, et y voir fourmiller tant de maux, paraît si contradictoire, que plusieurs d'entre eux ont cru être forcés d'admettre deux principes, l'un souverainement bon et l'autre souverainement méchant : c'était le sentiment des anciens hérétiques connus sous le nom de *Manichéens*, qui, ne voyant d'autre moyen d'expliquer l'origine du mal, furent réduits à cette extrémité. Quoique cette question soit extrêmement compliquée, la seule remarque sur la liberté des hommes, qui est une propriété essentielle des esprits, fait d'abord disparaître une bonne partie des difficultés, qui sans cela seraient insurmontables.

En effet, dès que Dieu a créé des hommes, il n'était plus temps d'empêcher le péché, leur liberté n'étant susceptible d'aucune contrainte. Mais, dira-t-on, il aurait mieux valu ne pas créer tels ou tels hommes ou tels esprits, dont Dieu a prévu qu'ils abuseraient de leur liberté et se livreraient au péché. C'est sur quoi

je crois qu'il serait téméraire d'entrer en discussion, et de vouloir juger sur le choix que Dieu aurait pu faire en créant les esprits; peut-être que le plan de l'univers demandait l'existence de tous les esprits possibles. En effet, quand nous réfléchissons que non-seulement notre terre, mais aussi toutes les planètes, sont des habitations pour des êtres raisonnables, et que même toutes les étoiles fixes sont des soleils, dont chacun a autour de lui un certain nombre de planètes aussi habitées, il est clair que le nombre de tous les êtres doués de raison, qui ont existé, qui existent et qui existeront dans tout l'univers, doit être infini. C'est donc une hardiesse inexcusable de vouloir prétendre que Dieu n'aurait pas dû accorder l'existence à un grand nombre d'esprits; et ceux mêmes qui font ce reproche à Dieu ne voudraient pas certainement être du nombre de ceux auxquels la création eût été refusée. Cette première objection est donc suffisamment détruite, et il ne répugne pas avec les perfections de Dieu que l'existence ait été accordée à tous les esprits, tant mauvais que bons.

Ensuite on prétend que la méchanceté des esprits, ou êtres raisonnables, aurait pu être réprimée par la toute-puissance divine; sur quoi je remarque que la liberté est si essentielle à tous les esprits, qu'elle ne souffre aucune contrainte : l'unique moyen de gouverner les esprits consiste dans les motifs pour les déterminer au bien et les détourner du mal; mais aussi, à cet égard, ne trouve-t-on pas le moindre sujet de se plaindre. Les plus grands motifs

ont certainement été proposés à tous les esprits pour les porter au bien, puisque ces motifs sont fondés sur leur propre salut; mais ils ne les contraignent en aucune façon, car cela serait contraire à la nature des esprits, et à tous égards impossible. Quelque méchants que soient les hommes, ils ne s'excuseront jamais par l'ignorance des motifs qui les auraient dû porter au bien : la loi divine, qui tend à leur propre salut, est gravée dans leur cœur, et c'est toujours leur propre faute quand ils se précipitent dans le mal. La religion nous découvre aussi tant d'autres moyens que Dieu emploie pour nous ramener de nos égarements, que de ce côté-là nous pouvons assurer hardiment que Dieu n'a rien omis de ce qui pouvait prévenir l'éclat de la méchanceté des hommes et d'autres êtres raisonnables.

Mais ceux qui s'égarent dans ces doutes sur l'origine et la permission du mal dans ce monde, confondent continuellement le monde corporel avec le monde spirituel; ils s'imaginent que les esprits sont susceptibles d'une semblable contrainte que les corps. Une sévère discipline est souvent capable d'empêcher que parmi les enfants d'une famille, parmi les soldats d'une armée, ou parmi les bourgeois d'une ville, la méchanceté ne parvienne *pas* à éclater ouvertement; mais il faut bien remarquer que cette contrainte ne regarde que le corporel, elle n'empêche en aucune manière que les esprits ne soient aussi méchants et aussi vicieux que s'ils jouissaient de toute la licence possible. Le gouvernement mondain se contente bien d'une telle tranquillité exté-

rieure ou apparente, et ne se soucie pas beaucoup de la vraie disposition des esprits; mais devant Dieu toutes les pensées sont à découvert, et les mauvaises inclinations sont aussi abominables, quoiqu'elles soient cachées devant les hommes, que si elles éclataient dans les plus noires actions. Les hommes se laissent éblouir par de fausses apparences; mais Dieu regarde les vraies dispositions de chaque esprit, en tant qu'ellés sont vertueuses ou vicieuses, et cela indépendamment des actions qui en résultent.

L'Écriture sainte contient là-dessus les plus fortes déclarations, en nous apprenant que celui qui médite seulement la perte de son prochain, en se laissant entraîner par la haine, est devant Dieu aussi coupable que celui qui le tue actuellement; et que celui qui se laisse éblouir par le désir des biens d'autrui est, devant Dieu, aussi bien un voleur que celui qui vole en effet.

C'est donc à cet égard que le gouvernement de Dieu sur les esprits ou êtres raisonnables est infiniment différent de celui que les hommes exercent sur leurs pareils; et on se trompe beaucoup quand on s'imagine qu'un gouvernement qui paraît meilleur aux yeux des hommes, le soit réellement au jugement de Dieu. C'est une réflexion que nous ne devons jamais perdre de vue.

LETTRE XLIII.

(17 mars 1761.)

Sur les maux moraux et physiques.

Quand on se plaint des maux qui règnent dans ce monde, on les distribue en deux classes : les maux moraux et les maux physiques. La classe des maux moraux renferme les inclinations mauvaises ou vicieuses, les dispositions des esprits au mal, ou bien le péché, qui est sans doute le plus grand mal et la plus grande imperfection qui puisse exister.

En effet, à l'égard des esprits, il ne saurait y avoir un plus grand déréglement que quand ils s'écartent des lois éternelles de la vertu, et qu'ils s'abandonnent au vice. La vertu est le seul moyen de rendre un esprit heureux, et il serait impossible à Dieu de rendre heureux un esprit vicieux. Tout esprit adonné au vice est nécessairement malheureux; et tant qu'il ne retourne pas à la vertu (ce qui pourrait bien être souvent impossible), ses malheurs ne sauraient jamais finir : et voilà l'idée que je me forme des diables, des esprits méchants et de l'enfer, laquelle me paraît être très-bien d'accord avec ce que la sainte Écriture nous enseigne là-dessus.

Les esprits forts se moquent quand ils entendent parler des diables; mais comme les hommes

ne sauraient prétendre d'être les meilleurs de tous les êtres raisonnables, ils ne sauraient se vanter non plus d'être les plus méchants; il y a sans doute des êtres beaucoup plus méchants que les hommes les plus malicieux, et ce sont les diables. Or, j'ai déjà fait voir à V. A. que l'existence de tant d'hommes et d'esprits malins ne nous doit pas être une pierre d'achoppement contre les perfections de ce monde, et en particulier contre l'Être suprême. Un esprit, sans en excepter le diable, est toujours un être excellent, et infiniment supérieur à tout ce qu'on peut concevoir dans le monde corporel; et ce monde, en tant qu'il renferme un nombre infini d'esprits de tous les ordres différents, est toujours l'ouvrage le plus parfait. Or, tous les esprits étant essentiellement libres, le péché était possible dès le commencement de leur existence, et ne pouvait pas être empêché, même par la toute-puissance divine. Ensuite les esprits sont les auteurs des maux qui résultent nécessairement du péché, chaque être libre étant toujours l'unique auteur des actions qu'il commet; et par conséquent ces maux ne sauraient être mis au compte du Créateur, aussi peu que, parmi les hommes, l'ouvrier qui fait les épées n'est *pas* responsable des malheurs qu'elles causent. Ainsi, pour les maux moraux dont ce monde est rempli, la souveraine bonté de Dieu est suffisamment justifiée.

L'autre classe des maux physiques contient toutes les calamités et les misères auxquelles les hommes sont exposés dans ce monde. On convient bien

que la plupart est une suite nécessaire de la malice et des penchants vicieux dont les hommes, aussi bien que d'autres esprits, sont infectés; mais puisque ces suites se communiquent par le moyen des corps, on demande pourquoi Dieu a permis que les esprits méchants puissent agir si efficacement sur les corps, et s'en servir comme d'instruments pour exécuter leurs desseins pernicieux? Un père qui verrait son fils sur le point d'assassiner un homme lui arracherait de la main l'épée, et ne permettrait point qu'il se rendît coupable d'un tel forfait. Là-dessus j'ai déjà remarqué que ce fils scélérat est également coupable devant Dieu, soit qu'il exécute son dessein, ou qu'il fasse inutilement tous ses efforts pour y réussir; et le père qui l'en retient ne le rend point pour cela meilleur.

Cependant on peut soutenir très-hardiment que Dieu ne permet pas un libre cours à la malice des hommes. S'il n'y avait rien qui arrêtât l'exécution de tous les pernicieux desseins des hommes, combien serions-nous malheureux? Nous voyons souvent que les méchants rencontrent de grands obstacles; et quoiqu'ils réussissent, ils ne sont pas les maîtres des suites de leurs actions, qui dépendent toujours de tant d'autres circonstances, qu'elles tournent enfin d'une façon tout à fait différente. Cependant on ne saurait nier qu'il n'en résulte des calamités et des misères qui tourmentent le genre humain; et l'on s'imagine que le monde serait infiniment mieux gouverné, si Dieu mettait un frein invincible à la méchanceté et à l'audace des hommes.

Il serait sans doute fort aisé à Dieu de faire mourir un tyran, avant qu'il opprimât tant d'honnêtes gens; et de rendre muet un juge injuste, avant qu'il prononçât une sentence pernicieuse. Alors nous pourrions vivre paisiblement en repos et jouir de tous les agréments de la vie, supposé que Dieu nous accordât une bonne santé et tous les biens que nous souhaiterions : et notre bonheur serait le mieux établi. C'est sur ce pied qu'on voudrait que le monde fût gouverné, pour nous rendre tous heureux : les méchants hors d'état d'exercer leur malice, et les bons dans la possession et la paisible jouissance de tous les biens qu'on pourrait souhaiter.

On croit avec raison que Dieu veut sérieusement le bonheur des hommes, et on est surpris que ce monde soit si différent du plan qu'on s'imagine être le plus propre à remplir ce but. Nous voyons plutôt que les méchants jouissent non-seulement bien souvent de tous les avantages de cette vie, mais qu'ils sont aussi en état d'exécuter leurs pernicieux desseins, à la confusion des honnêtes gens; et que les bons sont souvent opprimés et accablés des maux les plus sensibles, de douleurs, de maladies, de chagrins, de pertes considérables de leurs biens, et, en général, de toutes sortes de calamités; et enfin, que tous les bons, aussi bien que les méchants, doivent infailliblement mourir, ce qui paraît de tous les maux le plus grand.

En regardant le monde de ce côté, on se trouve fort tenté de douter de la sagesse et de la bonté

souveraine du Créateur, et il y a eu de tout temps des fidèles même qui se sont égarés là-dessus : c'est un écueil contre lequel il faut se tenir bien sur ses gardes.

LETTRE XLIV.

(21 mars 1761.)

Réponse aux plaintes des hommes contre les maux physiques dans ce monde.

Quand même notre existence serait uniquement bornée à la vie présente, il s'en faudrait beaucoup que la possession des biens de ce monde et la jouissance de tous les plaisirs fût le comble de notre bonheur. Tout le monde convient que la vraie félicité consiste dans le repos et le contentement de l'âme, qui ne se trouve presque jamais accompagné du brillant état qui semble heureux à ceux qui ne jugent que par les apparences.

L'insuffisance de ces biens mondains pour nous rendre heureux se manifeste encore davantage quand nous réfléchissons sur notre vraie destination. La mort ne finit pas notre existence, mais nous transmet plutôt dans une autre vie, qui doit durer à jamais. Les facultés de notre âme et nos lumières seront sans doute alors portées à un plus haut degré de perfection ; et c'est de l'état où nous nous trouverons alors, d'où dépend notre vraie félicité. Or, cet état ne saurait être heureux sans la

vertu et les perfections les plus sublimes. Les perfections infinies de l'Être suprême, que nous n'apercevons maintenant qu'à travers des nuages fort épais, brilleront alors avec le plus grand éclat, et seront le principal objet de notre contemplation, de notre admiration et de notre adoration. C'est là que non-seulement notre entendement trouvera les plus parfaites connaissances, mais c'est encore là que nous osons espérer d'entrer en grâce auprès de l'Être suprême, et d'être admis aux plus grandes faveurs de son amour. Combien heureux ne jugeons-nous pas ceux qui se trouvent dans la jouissance des faveurs d'un grand prince, surtout quand ce prince est véritablement grand, quoique ces mêmes faveurs soient accompagnées de quantité d'amertumes! Que sera-ce donc dans la vie future, où le Dieu tout-puissant nous remplira lui-même de son amour, et d'un amour dont les effets ne seront jamais interrompus par aucun revers? Ce sera pour lors un degré de bonheur qui surpassera infiniment tout ce que nous pouvons concevoir.

Or, pour participer à ces faveurs infinies de l'amour de l'Être suprême, il est très-naturel que de notre côté nous soyons de même tout pénétrés du plus vif amour envers lui. Cette union bienheureuse exige absolument de notre part une certaine disposition, sans laquelle nous serions incapables d'y avoir la moindre part; et cette disposition consiste dans la vertu, dont le fondement est l'amour de Dieu et celui du prochain. C'est donc uniquement à la vertu que nous devons tâcher de parvenir dans

cette vie, dans laquelle nous n'existons que pour nous préparer à nous rendre dignes de participer au bonheur souverain et éternel.

De là nous devons juger tout autrement des événements qui nous arrivent dans cette vie. Ce n'est pas la possession des biens de ce monde qui nous rend heureux; c'est plutôt une situation telle, qu'elle nous conduise efficacement à la vertu. Si la prospérité était un moyen sûr pour nous rendre vertueux, alors on pourrait se plaindre des adversités; mais ce sont plutôt les adversités qui peuvent nous affermir dans la vertu, et à cet égard toutes les plaintes des hommes sur les maux physiques de cette vie sont aussi détruites.

V. A. comprend donc clairement que Dieu a eu les raisons les plus solides d'introduire dans ce monde tant de calamités et de misères, et que tout aboutit ouvertement à notre salut. Il est bien vrai que ces calamités sont pour la plupart des suites naturelles de la méchanceté et de la corruption des hommes; mais c'est aussi ici que nous devons principalement admirer la sagesse infinie de l'Être suprême, qui sait diriger les actions les plus vicieuses à notre salut. Tant de gens de bien ne seraient pas parvenus à la vertu, s'ils n'avaient pas été opprimés et tourmentés par l'injustice des autres.

J'ai déjà remarqué que les mauvaises actions ne sont mauvaises qu'à l'égard de ceux qui les commettent; il n'y a que la méchante détermination de leur âme qui soit criminelle : l'action même étant une chose purement corporelle, en tant qu'on l'en-

visage indépendamment de celui qui l'a commise, elle ne renferme rien ni de bien ni de mal. Un maçon, en tombant d'un toit sur un homme, le tue aussi bien que l'assassin le plus décidé. L'action est tout à fait la même ; mais le pauvre maçon n'en est pas responsable, tandis que l'assassin mérite les peines les plus sévères. Ainsi, quelque criminelles que soient les actions à l'égard de ceux qui les commettent, nous les devons regarder tout autrement, en tant qu'elles nous regardent, ou qu'elles ont quelque influence sur notre situation. Alors nous devons réfléchir que rien ne nous saurait arriver qui ne soit parfaitement d'accord avec la souveraine sagesse de Dieu. Les méchants peuvent bien commettre des injustices, mais nous n'en souffrons jamais ; personne ne nous fait jamais tort, quoiqu'il ait bien tort lui-même ; et dans tout ce qui nous arrive, nous devons toujours regarder Dieu comme si c'était lui qui commandât immédiatement que cela nous arrive. Outre cela, nous pouvons être assurés que ce n'est pas par quelque caprice, ou pour nous chagriner, que Dieu dispose ces événements à notre égard, mais qu'ils aboutissent à notre véritable bonheur. Ceux qui regardent sur ce pied tout ce qui leur arrive auront bientôt la satisfaction de se convaincre que Dieu a d'eux un soin tout particulier.

LETTRE XLV.

(24 mars 1761.)

Sur la vraie destination des hommes, et sur l'utilité et la nécessité des adversités dans ce monde.

J'espère que V. A. n'aura plus de doute sur cette grande question : Comment les maux de ce monde peuvent être conciliés avec la sagesse et la bonté souveraine du Créateur? La solution en est incontestablement fondée sur la vraie destination des hommes et autres êtres intelligents, dont l'existence n'est pas bornée à cette vie. Dès qu'on perd la vue de cette importante vérité, on se trouve enveloppé dans les plus grands embarras; et si les hommes n'étaient créés que pour cette vie, il n'y aurait pas assurément moyen de sauver les perfections de Dieu contre tous les inconvénients et les malheurs dont ce monde serait alors accablé. Ces malheurs ne seraient que trop réels, et il serait absolument impossible d'expliquer comment la prospérité des méchants et la misère de tant de gens de bien pourraient subsister avec la justice de Dieu.

Mais dès que nous réfléchissons que cette vie n'est que le commencement de notre existence, et qu'elle doit nous servir pour nous préparer à une autre vie qui durera éternellement, la face des choses change entièrement, et il faut juger

tout autrement des maux dont cette vie nous paraît fourmiller. J'ai déjà remarqué que la prospérité dont nous jouissons dans ce monde n'est rien moins que propre pour nous préparer à la vie future, ou pour nous rendre dignes du bonheur qui nous y attend. Quelque importante que nous paraisse la possession des biens de ce monde pour nous rendre heureux, cette qualité ne leur convient qu'en tant qu'ils portent des marques de la bonté de Dieu : et indépendamment de Dieu, tous ces biens ne sauraient jamais constituer notre bonheur. Nous ne saurions trouver notre vraie félicité qu'en Dieu même; tous les autres plaisirs n'en sont qu'une ombre fort légère, et ne sauraient nous contenter que pour peu de temps. Aussi voyons-nous que ceux qui en jouissent en abondance en sont bientôt rassasiés; et ce bonheur apparent ne leur sert qu'à enflammer leurs désirs et à dérégler leurs passions, en les éloignant du bien souverain, au lieu de les y approcher. Or, la vraie félicité consiste dans une union parfaite avec Dieu, qui ne saurait avoir lieu, à moins que nous n'aimions Dieu sur toutes choses du plus parfait amour, et avec la plus parfaite confiance; et il est clair que cet amour demande une certaine disposition de l'âme, à laquelle nous devons nous préparer dans cette vie.

Cette disposition est la vertu, dont le fondement est contenu dans ces deux grands préceptes :

Tu aimeras ton Dieu de tout ton cœur, de toute ton âme et de toutes tes pensées;

et l'autre qui lui est semblable :

Tu aimeras ton prochain comme toi-même.

Toute autre disposition de l'âme qui s'écarte de ces deux préceptes est vicieuse et absolument indigne de participer à la vraie félicité. Aussi peu qu'un homme sourd peut être réjoui par une belle musique, aussi peu est-il possible qu'un homme vicieux jouisse du bonheur souverain dans la vie éternelle. Les vicieux en seront exclus pour jamais : et cela, non par un arrêt arbitraire de Dieu, mais par la nature même de la chose, un homme vicieux n'étant pas susceptible, par sa propre nature, du bonheur souverain.

Si nous regardons sur ce pied l'arrangement et l'administration de ce monde, tout ne saurait être mieux disposé pour ce grand but. Tous les événements et même les adversités que nous éprouvons, sont les moyens les plus propres pour nous conduire à notre vrai bonheur : et à cet égard on peut dire que ce monde est effectivement le meilleur, puisque tout y concourt à opérer notre salut. Quand je réfléchis qu'il ne m'arrive rien dans ce monde par hasard, et que tous les événements en sont dirigés par une providence, dans la vue de me rendre heureux, combien cette considération ne doit-elle pas élever mes pensées vers Dieu, et remplir mon âme de l'amour le plus pur !

Mais quelque efficaces que soient ces moyens en eux-mêmes, ils ne contraignent pas nos esprits, auxquels la liberté est si essentielle, qu'aucune con-

trainte ne saurait avoir lieu. Aussi l'expérience ne nous fait voir que trop souvent que, par notre attachement aux choses sensuelles, nous devenons trop vicieux pour écouter ces motifs salutaires. Par l'abus de tous ces moyens, qui nous devraient conduire à la vertu, on devient de plus en plus vicieux, et on se détourne de l'unique chemin qui conduit au bonheur. De là on comprend la vérité des dogmes de notre sainte religion, qui nous enseignent que le péché éloigne les hommes de Dieu, et les rend incapables de parvenir à la vraie félicité.

Comme nous ne sommes que trop convaincus que tous les hommes sont plongés dans le péché, et que les motifs ordinaires que les événements nous fournissent dans ce monde ne seraient pas suffisants pour nous dégager de ces liens, il a fallu employer des moyens extraordinaires pour rompre ces chaînes qui nous attachent au vice; et c'est ce que la miséricorde infinie de Dieu a exécuté, en nous envoyant notre divin Sauveur.

C'est un mystère trop élevé pour nos faibles lumières; mais, quoique les incrédules y trouvent à redire, l'expérience nous montre ouvertement que c'est un moyen très-propre à ramener les hommes à la vertu. On n'a qu'à jeter les yeux sur les apôtres et sur les premiers chrétiens, pour en être convaincu : leur vie, leur mort, et surtout leurs souffrances, nous découvrent non-seulement la plus sublime vertu, mais aussi l'amour le plus pur envers Dieu. Cela seul suffirait pour nous démontrer

la vérité et la divinité de la religion chrétienne. Ce n'est pas assurément l'ouvrage de quelque fourberie ou de quelque illusion, que de nous rendre véritablement heureux.

LETTRE XLVI.

(28 mars 1761.)

Sur la vraie félicité, et sur la conversion des pécheurs. Réponse aux objections qu'on pourrait faire sur cette matière.

Ma dernière réflexion sur la vie vraiment vertueuse des apôtres et des premiers chrétiens me paraît une preuve invincible de la divinité de la religion chrétienne. En effet, si la vraie félicité consiste dans une union avec l'Être suprême, comme on n'en saurait douter, la jouissance de cette félicité exige nécessairement de notre côté une certaine disposition fondée sur l'amour le plus parfait envers Dieu et la charité la plus parfaite envers notre prochain, de sorte que tous ceux qui n'ont pas cette disposition sont absolument *insusceptibles* du bonheur céleste; ou bien les vicieux en sont nécessairement exclus par leur propre nature, et il ne serait pas possible, même à Dieu, de les rendre heureux. La toute-puissance de Dieu ne s'étend qu'aux choses qui par leur propre nature sont possibles; et la liberté est si essentielle à tous les esprits, qu'aucune contrainte ne saurait avoir lieu à leur égard.

Ce n'est donc que par des motifs que les esprits peuvent être portés au bien : or, quels motifs plus puissants à la vertu se peut-on imaginer, que ceux qui ont été fournis aux apôtres et aux disciples de Jésus-Christ, tant dans la conversation avec leur divin maître, que dans ses miracles, ses souffrances, sa mort et sa résurrection, dont ils ont été témoins. Tous ces événements frappants, joints à la plus pure et à la plus sublime instruction, devaient exciter dans leurs cœurs le plus ardent amour et la plus haute vénération pour Dieu, qu'ils pouvaient regarder et adorer comme leur père, et en même temps comme le souverain absolu de tout l'univers. Ces vives impressions devaient nécessairement étouffer dans leur esprit tout penchant au vice, et les affermir de plus en plus dans la plus sublime vertu.

Cet effet salutaire dans l'esprit des apôtres, regardé en soi-même, n'a rien de miraculeux, ou qui ait porté la moindre atteinte à leur liberté, quoique les événements mêmes fussent sans doute les plus miraculeux. Il ne s'agissait que d'un cœur docile, et qui ne fût pas corrompu par les vices et les passions. C'est donc sans doute la mission de Jésus-Christ dans ce monde qui a opéré dans les esprits des apôtres cette disposition si nécessaire pour parvenir à la jouissance du bonheur souverain ; et cette mission nous fournit encore les mêmes motifs pour arriver à ce but. Il ne faut qu'en lire attentivement et sans préjugé l'histoire, et méditer sur tous les événements.

Je m'arrête à l'effet salutaire de la mission de notre Sauveur, sans vouloir cependant pénétrer dans les mystères de l'ouvrage de notre rédemption, qui surpassent infiniment les faibles lumières de notre esprit. Je remarque seulement que cet effet, dont nous sommes convaincus par l'expérience, ne saurait être l'ouvrage de quelque illusion, ou de quelque fourberie des hommes; il est trop salutaire pour n'être pas divin. Il est aussi parfaitement d'accord avec nos principes incontestables, que les esprits ne sauraient être gouvernés que par des motifs.

Il y a eu des théologiens, et il y en a encore, qui soutiennent que notre conversion est immédiatement opérée par Dieu, sans que nous y contribuions la moindre chose. Ils s'imaginent qu'un arrêt de Dieu suffit pour rendre vertueux dans un instant le plus grand scélérat. Ces savants ont bien la meilleure intention, et croient relever par là la toute-puissance de Dieu; mais il me semble que ce sentiment serait incompatible avec la justice et la bonté de Dieu, quand même il ne serait pas détruit par la liberté des hommes (1). Comment,

(1) On peut remarquer qu'Euler, quoique membre de la communion religieuse où l'on a le plus exagéré les conséquences des dogmes de la grâce et de la prédestination, semble s'éloigner beaucoup, dans ces matières théologiques, des opinions des réformateurs du XVIe siècle. Il faut modifier en ce sens une assertion de Condorcet, page XLV de l'Éloge d'Euler, imprimé en tête de ce volume. *Rapprochez* cette note de la lettre XXIII, page 363.

dira-t-on avec raison, si un seul arrêt de la toute-puissance divine suffisait pour convertir tous les pécheurs dans un instant, comment serait-il possible que cet arrêt ne fût pas donné actuellement, plutôt que de laisser périr tant de milliers d'hommes, ou d'employer l'ouvrage de la rédemption, par lequel il n'en est sauvé pourtant que la moindre partie? J'avoue que cette objection me paraîtrait beaucoup plus forte que toutes celles que les esprits forts font contre notre religion, et qui toutes ne sont fondées que sur l'ignorance de la vraie destinée des hommes; mais, grâce à Dieu, cette objection ne saurait avoir lieu dans le système que je prends la liberté de proposer à V. A.

Quelques théologiens m'accuseront peut-être d'hérésie, et diront que je soutiens que la force de l'homme suffit pour sa conversion; mais je ne redoute pas ce reproche, je prétends plutôt mettre la concurrence divine dans son plus grand jour. Dans l'ouvrage de la conversion l'homme use bien de sa liberté, qui ne saurait être contrainte; mais c'est toujours sur des motifs que l'homme se détermine. Or, les motifs lui sont fournis par les circonstances et les conjonctures où il se trouve; et toutes les circonstances dépendent uniquement de la Providence, qui dirige tous les événements dans ce monde conformément aux lois de sa sagesse souveraine. C'est donc toujours Dieu qui fournit aux hommes à chaque instant les circonstances les plus propres d'où ils puissent tirer les motifs les plus forts pour les porter à leur conversion; de

sorte que les hommes sont toujours redevables à Dieu des circonstances qui les conduisent à leur salut.

J'ai déjà fait remarquer à V. A. que, quelque méchantes que soient les actions des hommes, ils ne sont pas les maîtres de leurs suites, et que Dieu, en créant le monde, a arrangé le cours des événements en sorte que chaque homme soit mis à chaque instant dans les circonstances qui soient pour lui les plus salutaires; et heureux celui qui tâche de les mettre à profit!

Cette conviction doit opérer en nous les effets les plus salutaires : un amour infini envers Dieu, avec une confiance immuable dans sa providence, et la plus pure charité envers notre prochain. Cette idée aussi magnifique que consolante de l'Être suprême doit remplir nos cœurs des plus sublimes vertus, et nous préparer efficacement à la jouissance de la vie éternelle.

FIN DU TOME PREMIER.

TABLE

DU TOME PREMIER.

PREMIÈRE PARTIE.

DEUXIÈME PARTIE.

FIN DE LA TABLE DU TOME PREMIER.

Pl. I.

Fig. 8.

E C B F

Fig. 9.

E P A C B S R Q F

Fig. 10.

E P B C A Q F

Rouge
Orange
Jaune
Vert
Bleu
Violet

Fig. 16.

A B C D E O

Fig. 17.

A n N m M P Q R B

V VI VII

Fig. 29.

A B

Fig. 30.

a b i A B I c C Θ H h D G d E F g e f

Fig. 33.

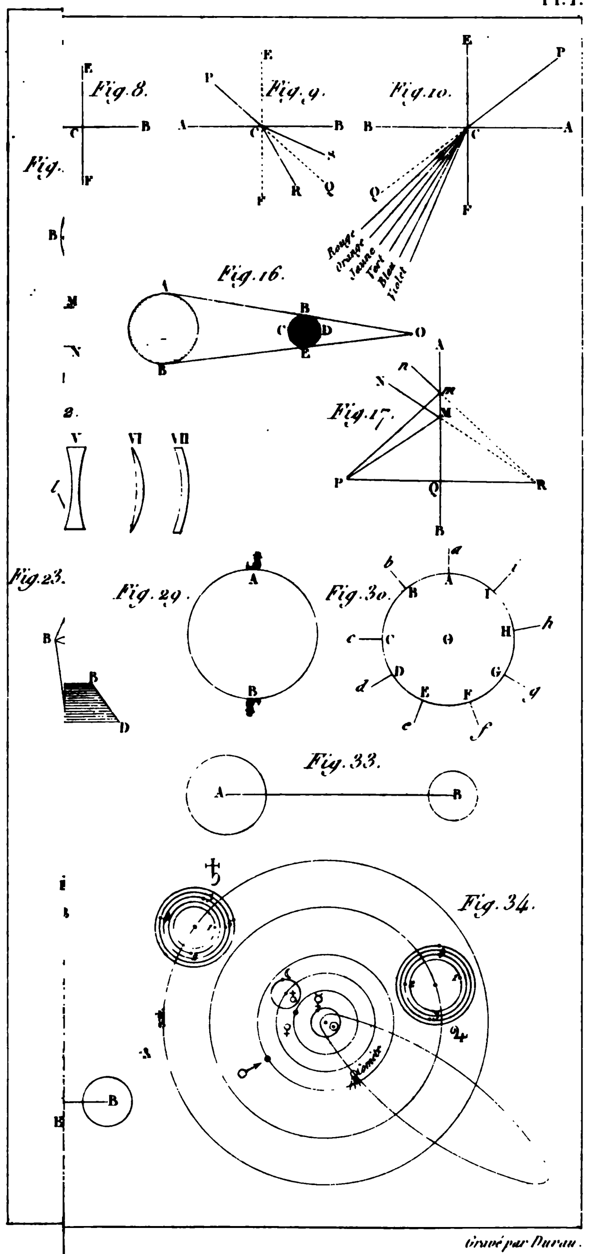
A B

Fig. 34.

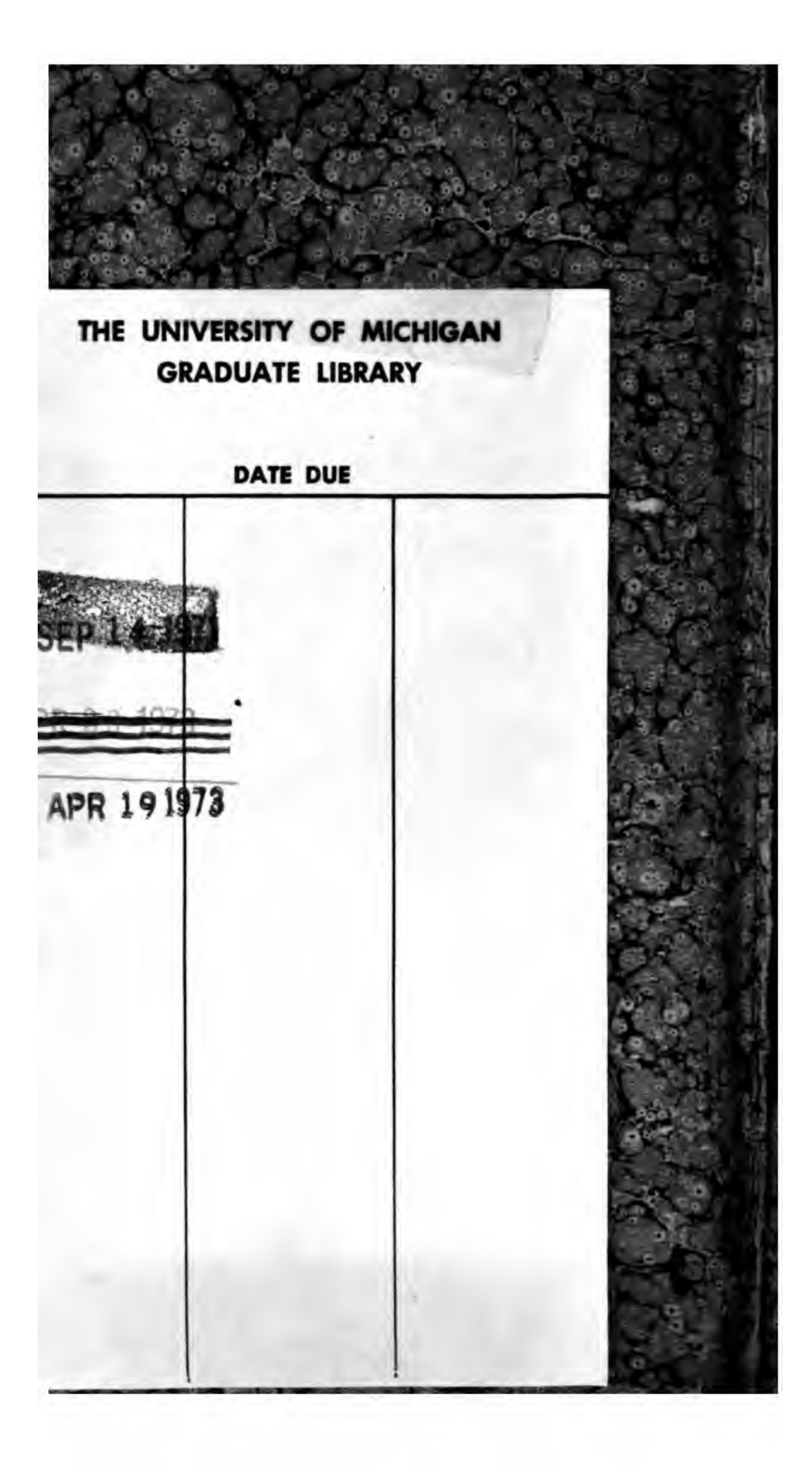
Comète

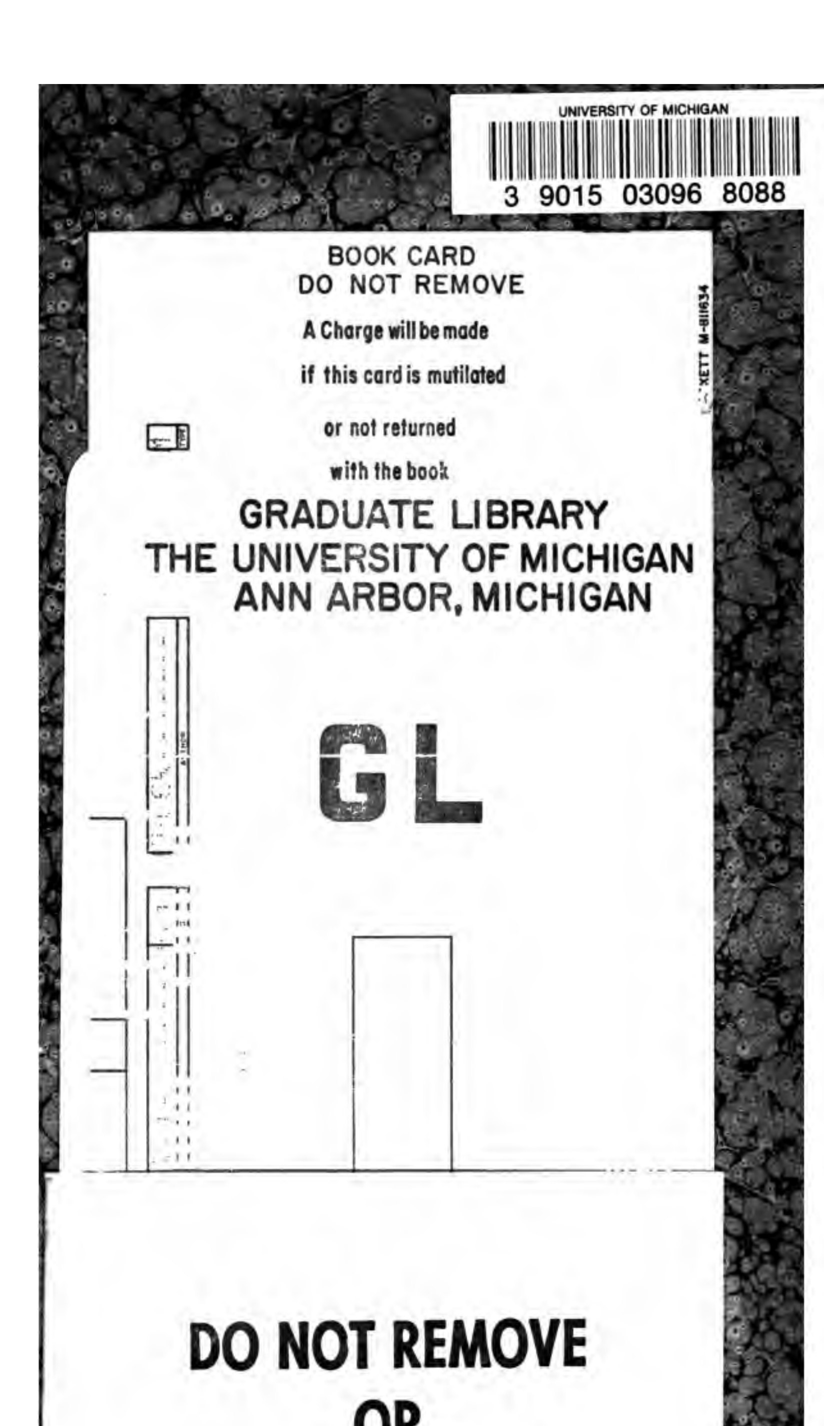
Gravé par Durau.

FIN DE LA TABLE DU TOME PREMIER.



Gravé par Durau.


THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
GRADUATE LIBRARY
DATE DUE
APR 19 1973


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03096 8088
BOOK CARD
DO NOT REMOVE
A Charge will be made
if this card is mutilated
or not returned
with the book
GRADUATE LIBRARY
THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
ANN ARBOR, MICHIGAN
GL
DO NOT REMOVE
OR

